



**Nívea Maria Santos  
Melo Vieira**

**Qualidade Química e Bacteriológica das Águas das  
Ribeiras do Porto**



**Nívea Maria Santos  
Melo Vieira**

**Qualidade Química e Bacteriológica das Águas das  
Ribeiras do Porto**

Dissertação apresentada à Universidade de Aveiro para cumprimento dos requisitos necessários à obtenção do grau de Mestre em Minerais e Rochas Industriais, realizada sob a orientação científica do Dr. Eduardo Anselmo Ferreira da Silva, Professor Catedrático do Departamento de Geociências da Universidade de Aveiro e do Doutor Fernando Joaquim Fernandes Tavares Rocha, Professor Catedrático do Departamento de Geociências da Universidade de Aveiro

Dedico este trabalho aos meus pais e ao meu marido pelo incentivo e incansável apoio.

## **o júri**

presidente

Prof. Dr. José Claudino de Pinho Cardoso  
Professor Associado da Universidade de Aveiro

orientador

Prof. Dr. Eduardo Anselmo Ferreira da Silva  
Professor Catedrático da Universidade de Aveiro

co – orientador

Prof. Dr. Fernando Joaquim Fernandes Tavares Rocha  
Professor Catedrático da Universidade de Aveiro

vogal

Prof. Dr. Carlos Alberto Baptista Medeiros  
Professor Auxiliar da Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto

## agradecimentos

O presente trabalho não teria sido possível sem o apoio de algumas pessoas e entidades a quem me apraz expressar o mais profundo reconhecimento.

Ao Prof. D<sup>o</sup> Eduardo Silva do Departamento de Geociências da Universidade de Aveiro, orientador científico deste projecto, que em boa hora aceitou o tema de dissertação dando, assim, oportunidade de estudar uma região muito interessante, sob o ponto de vista hidrogeológico, agradeço a orientação, o constante estímulo e a confiança que sempre me incutiu. Agradeço ainda, as diligências que empreendeu no sentido de me proporcionar os meios materiais que tornaram possível a efectivação dos trabalhos de campo e de gabinete. Por último, quero agradecer a inestimável ajuda na revisão do texto, bem como as críticas e sugestões que contribuíram para o seu enriquecimento.

Ao Prof. D<sup>o</sup> Fernando Tavares Rocha do Departamento de Geociências da Universidade de Aveiro coordenador deste projecto, agradeço a forma afectuosa com que sempre me acolheu bem como as valiosas ajudas relativas às burocracias inerentes à tese.

Aos SMAS (Serviços Municipalizados de Águas e Saneamento do Porto) /Águas do Porto, E.M., na pessoa Eng.<sup>o</sup> Guilherme Fontes (Director Principal do Departamento da Exploração), agradeço a oportunidade que me deram em realizar um estágio profissional cujo tema é de todo idêntico ao desta dissertação.

À Eng.<sup>a</sup> Elza Ferraz e ao Eng.<sup>o</sup> Carlos Medeiros, pelo acompanhamento e orientação ao longo do estágio profissional referido, pelas correcções e sugestões, pelo incentivo, paciência e apoio, o meu muito obrigada.

Aos técnicos dos SMAS / Águas do Porto, E.M. nomeadamente ao José Cabral, ao Rui Pedro, ao António Ferreira e ao Manuel Soares, que me acompanharam e me apoiaram incansavelmente nas visitas de campo, por toda a ajuda nos reconhecimentos exploratórios, pela paciência diversão e pelo bom ambiente criado no trabalho, sem o qual o estágio profissional não teria sido tão agradável.

Agradeço ao meu colega e marido, Eng.<sup>o</sup> Hernâni Fernandes pelo apoio, compreensão e incentivo na realização desta dissertação, nomeadamente nas visitas de campo ao qual estávamos expostos a várias adversidades e que graças ao seu apoio foram sempre superadas com facilidade e à implantação da cartografia dos cursos de água estudados.

Por fim, mas sempre com toda a importância merecida, um agradecimento muito especial aos meus pais, por todo o apoio e compreensão, que sempre me incentivaram à realização deste mestrado e que foram incansáveis desde o primeiro minuto e imprescindíveis para eu chegar até aqui. Agradeço – lhes do fundo do meu coração e a eles dedico esta tese

A TODOS O MEU MUITO OBRIGADO.

## **palavras-chave**

águas superficiais, contaminação, Diagramas Piper e Stiff, ribeiras Porto.

## **resumo**

Antes da intervenção do homem, as ribeiras Aldoar, Nevogilde, Ervilheira, Asprela e do rio Tinto encontravam-se acompanhadas, ao longo do seu traçado, por arbustos e árvores constituindo uma óptima estrutura estabilizadora das margens. As primeiras intervenções do homem no sistema ribeirinho ocorreram com a instalação de moinhos, abate de vegetação marginal para utilização do solo para agricultura e formação de represas de água para rega. Com o desenvolvimento industrial e a crescente densificação dos aglomerados populacionais, estas linhas de água passaram a ser invariavelmente o elemento receptor dos efluentes líquidos urbanos.

O presente estudo teve como finalidade a avaliação da qualidade da água superficial das bacias hidrográficas das ribeiras de Aldoar, Nevogilde, Ervilheira, Asprela e do rio Tinto. Neste sentido, seleccionaram-se 27 pontos de amostragem ao longo de todos os cursos de água estudados. As amostragens foram realizadas em Janeiro e Julho de 2007, para determinação de parâmetros físicos, químicos e bacteriológicos.

Os resultados de qualidade da água foram avaliados com base no Decreto – Lei nº236/98, de 1 de Agosto, que define os objectivos ambientais mínimos de qualidade para as águas superficiais; valores para águas destinadas à rega e para águas destinadas ao consumo humano.

Procedeu-se ainda à projecção das amostras em diagramas de Piper e Stiff para identificação das fácies hidroquímicas e no diagrama de Riverside para classificar as águas para rega.

Da apreciação dos resultados em geral, conclui-se a maioria dos pontos de amostragem excederam os valores impostos pelo Decreto – Lei nº236/98 do ponto vista bacteriológico e químico (nitratos, nitritos, fosfatos e amónio). A contaminação existente foi associada às descargas de efluentes não tratados com origem doméstica e/ou industrial.

**keywords**

superficial waters, contamination, Piper and Stiff diagrams, O'Porto streams

**abstract**

The present study aims the assessment of the superficial water quality of the Aldoar, Nevogilde, Ervilheira, Asprela streams and of the Tinto river. Aiming this purpose, 27 sampling points were selected and sampled in January and July of 2007. The chemistry of major and trace elements and the bacteriological parameters was been examined. The results of the water quality had been evaluated on the basis of superficial water quality guidelines defined on Decree – Law nº236/98, of 1 for waters destined to the irrigation and for human consumption.

The results showed that high levels of faecal coliform were recorded in the studied streams, as well high levels of nitrate, nitrites, phosphorous and ammonia. These maximums values do not respect the values established by the national legislation for superficial waters. This contamination is associated to untreated domestic and/or industrial effluent discharges.

## ÍNDICE GERAL

<b>CAPÍTULO 1 – INTRODUÇÃO.....</b>	<b>1</b>
1.1 INTRODUÇÃO .....	3
1.2. RESENHA HISTÓRICA SOBRE O ABASTECIMENTO DE ÁGUA À CIDADE DO PORTO .....	3
1.3. OBJECTIVOS .....	4
<b>CAPÍTULO 2 – ENQUADRAMENTO DA ZONA DE ESTUDO .....</b>	<b>7</b>
2.1 Introdução.....	9
2.2 Geologia e Geomorfologia .....	9
2.2.1 Enquadramento geológico das bacias das linhas de água estudadas.....	11
2.3 Caracterização hidrológica.....	18
2.4 Clima e pluviosidade .....	19
2.5 Caracterização socio-económica .....	19
2.6 Drenagem e tratamento das águas residuais .....	23
<b>CAPÍTULO 3 – AMOSTRAGEM E TÉCNICAS DE ANÁLISE.....</b>	<b>25</b>
3.1 Introdução.....	27
3.2 Selecção e caracterização dos locais de amostragem .....	28
3.2.1 Ribeira da Ervilheira .....	28
3.2.2 Ribeira de Nevogilde .....	31
3.2.3 Ribeira de Aldoar.....	33
3.2.4 Ribeira da Asprela.....	35
3.2.4.1 Ribeira de Areosa.....	35
3.2.4.2 Ribeira do Outeiro .....	37
3.2.4.3 Ribeira de Paranhos.....	39
3.2.5 Rio Tinto .....	40
3.3. Amostragem, análise física e química e bacteriológica das amostras de águas superficiais ..	42
3.3.1 – Método de amostragem .....	43
3.3.2 – Determinação do pH, condutividade, temperatura e $\text{HCO}_3^-$ .....	44
3.3.3 – Determinação de elementos maiores e vestigiais .....	44
3.3.3.1 – Determinação espectrofotométrica de $\text{NO}_2^-$ , $\text{SiO}_2$ e $\text{NH}_4^+$ .....	44
3.3.3.2 – Determinação de $\text{Cl}^-$ , $\text{NO}_3^-$ e $\text{SO}_4^{2-}$ por cromatografia iónica.....	48
3.3.3.3 – Determinação de elementos vestigiais por ICP-MS .....	52
3.3.3.4 – Análises Bacteriológicas .....	53
3.4 Classificação das águas.....	54
3.4.1 Caracterização hidroquímica .....	54
<b>CAPÍTULO 4 – CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA E BACTERIOLÓGICA .....</b>	<b>57</b>
4.1 Introdução.....	59
4.2 Caracterização físico-química e bacteriológica das ribeiras em estudo .....	59
4.2.1 Ribeira de Aldoar.....	59
4.2.1.1 Parâmetros físico-químicos.....	59
4.2.1.2 Parâmetros químicos .....	60
4.2.1.3 Parâmetros bacteriológicos.....	68
4.2.1.4 Classificação das águas de acordo com os diagramas de Piper e Stiff .....	69
4.2.2 Ribeira de Nevogilde .....	71
4.2.2.1 Parâmetros físico-químicos.....	71
4.2.2.2 Parâmetros químicos .....	72
4.2.2.3 Parâmetros bacteriológicos.....	79
4.2.2.4 Classificação das águas de acordo com os diagramas de Piper e Stiff .....	79
4.2.3 Ribeira da Ervilheira .....	81
4.2.3.1 Parâmetros físico-químicos.....	81
4.2.3.2 Parâmetros químicos .....	83
4.2.3.3 Parâmetros bacteriológicos.....	90
4.2.3.4 Classificação das águas de acordo com os diagramas de Piper e Stiff .....	90
4.2.4 Ribeira da Asprela .....	92



4.2.4.1 Parâmetros físico-químicos.....	92
4.2.4.2 Parâmetros químicos .....	93
4.2.4.3 Parâmetros bacteriológicos.....	100
4.2.4.4 Classificação das águas de acordo com os diagramas de Piper e Stiff .....	101
4.2.5 Rio Tinto .....	103
4.2.5.1 Parâmetros físico-químicos.....	103
4.2.5.2 Parâmetros químicos .....	104
4.2.5.3 Parâmetros bacteriológicos.....	112
4.2.5.4 Classificação das águas de acordo com os diagramas de Piper e Stiff .....	114
4.3 Avaliação da Qualidade de Água para uso agrícola.....	115
<b>CAPÍTULO 5 - CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES.....</b>	<b>119</b>
5.1 Síntese Conclusiva.....	121
5.2 Propostas gerais e intervenções já executadas.....	122
<b>CAPÍTULO 6 – BIBLIOGRAFIA .....</b>	<b>125</b>
Anexos A, B, C, D (Encontram-se em suporte informático apenso ao documento)	

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1 – Concelho do Porto dividido por freguesias (modificado por H. Fernandes e N. Vieira).....	9
Figura 2.2 – Enquadramento geológico da região do Porto no Norte de Portugal (simplificado de Oliveira et al., 1992). ....	10
Figura 2.3 – Enquadramento geológico da bacia da Ribeira de Aldoar. ....	12
Figura 2.4 – Enquadramento geológico da bacia das Ribeiras de Nevogilde e Ervilheira. ....	13
Figura 2.5 – Enquadramento geológico da bacia da Ribeira da Asprela.....	14
Figura 2.6 – Enquadramento geológico da bacia do Rio Tinto.....	15
Figura 2.7 – Cursos de água do município do Porto (adaptado de <a href="http://www.ribeirasdoporto.pt">www.ribeirasdoporto.pt</a> ).....	18
Figura 2.8 – Indústrias mais poluentes em termos de CQO.....	22
Figura 2.9 – Indústrias mais poluentes em termos de CBO5. ....	22
Figura 2.10 – Indústrias mais poluentes em termos de SST. ....	22
Figura 2.11 – Localização dos colectores e interceptores para as duas ETAR`S (SMAS).....	24
Figura 3.1 – Modelo da ficha de campo.....	27
Figura 3.2 – Traçado da Ribeira da Ervilheira (Ribeiro de Gondarém). ....	29
Figura 3.3 – Traçado da Ribeira da Nevogilde. ....	31
Figura 3.4 – Troços da Ribeira de Aldoar. ....	33
Figura 3.5 – Troços da Ribeira da Asprela. ....	36
Figura 3.6 – Percurso do Rio Tinto. ....	41
Figura 3.7 – Esquema de um Cromatógrafo líquido (adaptado de Patinha, 1996). ....	50
Figura 3.8 – Características do sistema cromatográfico (adaptado de Patinha, 1996).....	51
Figura 3.9 – Diagrama de Piper e respectivas fácies hidroquímicas (Fetter, 2001).....	54
Figura 3.10 – Diagrama de Stiff (Sanders, 1988). ....	55
Figura 3.11 – Diagrama de Riverside (adaptado de Pedrosa, 1999). ....	56
Figura 4.1 – Diagrama de Piper para a Ribeira de Aldoar.....	70
Figura 4.2 – Diagramas de Stiff para a Ribeira de Aldoar .....	70
Figura 4.3 – Diagrama de Piper para a Ribeira de Nevogilde .....	80
Figura 4.4 – Diagrama de Stiff para a Ribeira de Nevogilde .....	80
Figura 4.5 – Diagrama de Piper para a Ribeira de Ervilheira .....	91
Figura 4.6 – Diagramas de Stiff para a Ribeira da Ervilheira.....	91
Figura 4.7 – Diagrama de Piper para a Ribeira da Asprela .....	101
Figura 4.8 – Diagrama de Stiff para a Ribeira da Asprela .....	102
Figura 4.9 – Diagrama de Piper para o Rio Tinto .....	114
Figura 4.10 – Diagramas de Stiff para o Rio Tinto.....	115
Figura 4.11 – Diagrama de Riverside relativo às amostragens realizadas.....	116

## ÍNDICE DE FOTOS

Foto 3.1 – Leito a céu aberto obstruído por vegetação. ....	30
Foto 3.2 e 3.3 – Curso de água a céu aberto em campos de cultivo. ....	30
Foto 3.4 – Ribeira da Ervilheira canalizada. ....	30
Foto 3.5 – Praia de Gondarém.....	30
Foto 3.6 – Aspecto do troço a céu aberto. ....	32
Foto 3.7 – Troço canalizado.....	32
Foto 3.8 – Foz da Ribeira de Nevogilde.....	32
Foto 3.9 – Rua da Vilarinha (Troço 6).....	34
Foto 3.10 – Troço a céu aberto onde é possível observar o mau estado de conservação da ribeira (Troço 4).....	34
Foto 3.11 – Foz da Ribeira de Aldoar (Troço 1).....	35
Foto 3.12 – Canal em Betão (Troço 4).....	37
Foto 3.13 – Ribeira a céu aberto junto à linha do Metro (Troço 4). ....	37
Foto 3.14 – Troço a céu aberto (Troço 6). ....	38
Foto 3.15 – Lavadouros públicos (Troço 9). ....	38
Foto 3.16 – Troço a céu aberto com muito lixo (Troço 7). ....	38
Foto 3.17 – Lavadouros públicos (Troço 2). ....	39
Foto 3.18 – Troço a céu aberto junto ao IPO (Troço 1). ....	39
Foto 3.19 – Foz do rio Tinto. ....	42
Foto 3.20 – Margens na parte final do rio Tinto. ....	42
Foto 3.21 – Amostrador para recolha da amostra. ....	43
Foto 4.1 – Foz da ribeira de Nevogilde na 2ª campanha de amostragem.....	71
Foto 4.2 – Foz da ribeira da Ervilheira na 1ª campanha de amostragem.....	81
Foto 4.3 – Foz da ribeira da Ervilheira na 2ª campanha de amostragem.....	82
Foto 4.4 – Descarga da ETAR de Rio Tinto.....	113

## ÍNDICE DE QUADROS

Quadro 2.1 – População residente no concelho do Porto (INE, Censos, 2001; in Reis, 2002). ....	20
Quadro 2.2 – Unidades industriais no Concelho do Porto, de acordo com a classe de actividade económica (CAE) [DRARN, 1999] (in Reis, 2002).....	21
Quadro 2.3 – Cargas poluentes por sector de actividades, Concelho do Porto [DRARN, 1999] (in Reis, 2002). ....	21
Quadro 3.1 – Distribuição dos pontos de amostragem.....	28
Quadro 3.2 – Gama de padrões utilizados para a construção da recta de calibração.....	52
Quadro 3.3 – Limites de detecção do método analítico (ICP-MS) utilizado na análise das amostras de águas de superfície. ....	52
Quadro 4.1 – Valores de temperatura, pH e condutividade obtidos para a ribeira de Aldoar (ALD). ....	60
Quadro 4.2 – Concentrações de $\text{HCO}_3^-$ , $\text{Cl}^-$ , $\text{NO}_3^-$ , $\text{SO}_4^{2-}$ e $\text{NO}_2^-$ nas amostras de água da ribeira de Aldoar (ALD).....	61
Quadro 4.3 – Concentrações de $\text{Na}^+$ , $\text{K}^+$ , $\text{Mg}^{2+}$ , $\text{Ca}^{2+}$ e $\text{NH}_4^+$ nas amostras de água da ribeira de Aldoar (ALD).....	62
Quadro 4.4 – Concentrações de Al, As, B, Ba, Br, Cr, Cu, Fe, Li, Mn, Ni, P, Pb, Rb, Se, Si, Sr, V, Zn nas amostras de água da ribeira de Aldoar (ALD).....	64
Quadro 4.5 – Concentração de Coliformes Fecais ( $\text{N}^\circ/100\text{mL}$ ) nas amostras de água da ribeira de Aldoar (ALD).....	69
Quadro 4.6 – Valores de temperatura obtidos para a ribeira de Nevogilde (NEV).....	71
Quadro 4.7 – Concentrações de $\text{HCO}_3^-$ , $\text{Cl}^-$ , $\text{NO}_3^-$ , $\text{SO}_4^{2-}$ e $\text{NO}_2^-$ nas amostras de água da ribeira de Nevogilde (NEV).....	72
Quadro 4.8 – Concentrações de Na, K, Mg, Ca e $\text{NH}_4$ nas amostras de água da ribeira de Nevogilde (NEV).....	73
Quadro 4.9 – Concentrações de Al, As, B, Ba, Br, Cr, Cu, Fe, Li, Mn, Ni, P, Pb, Rb, Se, Si, Sr, V, Zn nas amostras de água da ribeira de Nevogilde (NEV). ....	75
Quadro 4.10 – Concentração de Coliformes Fecais ( $\text{N}^\circ/100 \text{ mL}$ ) nas amostras de água da ribeira de Nevogilde (NEV).....	79
Quadro 4.11 – Valores de temperatura obtidos para a ribeira de Ervilheira (ERV).....	81
Quadro 4.12 – Concentrações de $\text{HCO}_3^-$ , $\text{Cl}^-$ , $\text{NO}_3^-$ , $\text{SO}_4^{2-}$ e $\text{NO}_2^-$ nas amostras de água da ribeira de Ervilheira (ERV).....	83
Quadro 4.13 – Concentrações de Na, K, Mg, Ca e $\text{NH}_4$ nas amostras de água da ribeira de Ervilheira (ERV).....	84
Quadro 4.14 – Concentrações de Al, As, B, Ba, Br, Cr, Cu, Fe, Li, Mn, Ni, P, Pb, Rb, Se, Si, Sr, V, Zn nas amostras de água da ribeira da Ervilheira (ERV). ....	86
Quadro 4.15 – Concentração de Coliformes Fecais ( $\text{N}^\circ/100 \text{ mL}$ ) nas amostras de água da ribeira da Ervilheira (ERV).....	90
Quadro 4.16 – Valores de temperatura obtidos para a ribeira da Asprela (ASP).....	92
Quadro 4.17 – Concentrações de $\text{HCO}_3^-$ , $\text{Cl}^-$ , $\text{NO}_3^-$ , $\text{SO}_4^{2-}$ e $\text{NO}_2^-$ nas amostras de água da ribeira da Asprela (ASP).....	93
Quadro 4.18 – Concentrações de $\text{Na}^+$ , $\text{K}^+$ , $\text{Mg}^{2+}$ , $\text{Ca}^{2+}$ e $\text{NH}_4^+$ nas amostras de água da ribeira da Asprela (ASP).....	95

Quadro 4.19 – Concentrações de Al, As, B, Ba, Br, Cr, Cu, Fe, Li, Mn, Ni, P, Pb, Rb, Se, Si, Sr, V, Zn nas amostras de água da ribeira da Asprela (ASP). .....	96
Quadro 4.20 – Concentração de Coliformes Fecais (Nº/100 ml) nas amostras de água da ribeira de Asprela (ASP).....	101
Quadro 4.21 – Valores de temperatura, pH e condutividade obtidos para o rio Tinto (TIN). .....	103
Quadro 4.22 – Concentrações de HCO <sub>3</sub> , Cl, NO <sub>3</sub> , SO <sub>4</sub> e NO <sub>2</sub> nas amostras de água do rio Tinto (TIN). .....	104
Quadro 4.23 – Concentrações de Na <sup>+</sup> , K <sup>-</sup> , Mg <sup>2+</sup> , Ca <sup>2+</sup> e NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> nas amostras de água do rio Tinto (TIN). .....	105
Quadro 4.24 – Concentrações de Al, As, B, Ba, Br, Cr, Cu, Fe, Li, Mn, Ni, P, Pb, Rb, Se, Si, Sr, V, Zn nas amostras de água do rio Tinto (TIN). .....	107
Quadro 4.25 – Concentração de Coliformes Fecais (Nº/100 mL) nas amostras de água do rio Tinto (TIN). .....	112

# **CAPÍTULO 1**

## **Introdução**

## **1.1 Introdução**

A água é um líquido precioso com propriedades espantosas e sem ela o nosso organismo não existiria. As sociedades antigas sabiam reconhecer o bem que tinham ao seu dispor mas, a sociedade moderna parece ter esquecido que este recurso embora abundante é limitado. Actualmente mais de 1000 milhões de pessoas carecem de acesso a um abastecimento de água com qualidade para consumo humano e mais de 2000 milhões de pessoas não têm acesso a saneamento básico adequado, o que é a causa de várias doenças como é o caso da cólera. A sobreexploração dos recursos hídricos e piscatórios está a colocar em risco muitas espécies aquáticas. Por outro lado, 2/3 do tráfego mundial de mercadorias circula nos oceanos e que mais de metade das cargas perigosas é transportada por via marítima. Essas mercadorias perigosas são transportadas em navios que geralmente não cumprem as normas de segurança estabelecidas e por conseguinte constituem verdadeiras ameaças aos mares e seus ecossistemas.

Cerca de 60% da água potável é utilizada na agricultura. Se não for levada a cabo uma luta eficaz contra o desperdício de água e não nos empenharmos na despoluição dos rios e reservas subterrâneas, estima-se que em 2025, cerca de 3,5 milhões de pessoas não vão dispor de água suficiente para as necessidades. Há que tomar em consideração de que numa civilização como a nossa, cada pessoa necessita de 200 litros de água por dia para as diversas utilizações (consumo, confecção de alimentos, higiene, etc.) ou seja 73 mil litros (ou 73m<sup>3</sup>) por ano. Calcula-se que cerca de 3 a 4 milhões de vidas se perdem todos os anos, devido a doenças relacionadas com a água, metade destas são crianças [W<sub>1</sub>].

## **1.2. Resenha histórica sobre o abastecimento de água à cidade do Porto**

Já em 1570 a população da cidade do Porto solicitava a D. Sebastião que lhe fosse concedida a graça do aproveitamento da água que alimentava as três fontes de Paranhos, dispondo-se a oferecer mil cruzados para ajudar as despesas da sua canalização até à cidade. Este pedido foi satisfeito em 20 de Novembro de 1597, como testemunha o alvará mandado lavrar por D. Filipe.

O manancial de Paranhos da Arca d'Água ou das três fontes era o mais importante da cidade. A arca onde a água nasce situa-se no subsolo do jardim da praça 9 de Abril, mais conhecido como o Jardim da Arca d'Água. As águas do manancial de Paranhos,

excelentes quanto à qualidade, brotavam em quantidade do solo da arca e seguiam por um aqueduto de pedra em galeria, substituído por um cano cavado na rocha, indo alimentar várias fontes ao longo do percurso.

Em 1838 as águas do manancial de Paranhos foram juntas às do manancial de Salgueiros e ambas conduzidas até à Arca da Sé de Noronha; posteriormente estenderam-se até à Arca do Anjo (ao mercado do Anjo). No final do século XIX, as águas passaram a ser misturadas só a partir desta arca, por razões de salubridade.

Durante quarenta anos a Compagnie Générale das águas foi responsável pelo abastecimento de água à cidade do Porto. Em 28 de Março de 1927, a concessão da Companhia foi resgatada pela Câmara Municipal do Porto mediante de 17500 euros. A 1 de Abril desse ano eram instituídos os Serviços Municipalizados de Água e Saneamento – SMAS – que passariam a abastecer a cidade [W<sub>2</sub>].

No final de 2006 a empresa SMAS passou a ser gerida pela empresa CMPEA – Empresa de Águas do Município do Porto, EM (conhecida por Águas do Porto), que para além de serem responsáveis pela distribuição da água na cidade também têm outros projectos sob sua responsabilidade. Em simultânea esta Empresa coordena o processo de despoluição do troço final do rio Douro; “Porto Bandeiras Azuis”, um projecto que visa melhorar as condições de utilização das praias do Porto, de forma a cumprir os requisitos necessários para serem reconhecidas com a “Bandeira Azul” e “Despoluir, Desentubar, Reabilitar” os cursos de água do município.

### **1.3. Objectivos**

O presente trabalho enquadra-se no Mestrado em Minerais e Rochas Industriais, do Departamento de Geociências da Universidade de Aveiro (UA). Este projecto enquadra-se, ainda, ao abrigo de um estágio profissional realizado nos Serviços Municipalizados de Águas e Saneamento do Porto (SMAS) / Águas do Porto, E.M., tendo como principal objectivo avaliar a qualidade da água dos cursos de água do Município do Porto, nomeadamente as Ribeiras de Aldoar, Ervilheira, Nevogilde, Asprela e o Rio Tinto.

Este trabalho teve como objectivo principais: (a) caracterizar o estado global da qualidade das águas de alguns cursos de água da cidade do Porto e (b) identificar as causas da poluição contribuindo assim para a sistematização da informação de base necessária para a gestão dos recursos hídricos do Município do Porto. Para a concretização desses objectivos foi necessário efectuar:



### ***1º Levantamento e caracterização dos cursos de água:***

- Reconhecimento no terreno dos cursos de água;
- Identificação das possíveis fontes de poluição;
- Definição dos locais de amostragem e parâmetros a analisar.

### ***2º Colheita de amostras de água e respectiva análise:***

- Realização de amostragens dos cursos de água nos locais pré-definidos;
- Análises físico-químicas e bacteriológicas das amostras colhidas.

### ***3º Avaliação da qualidade da água***

- Obtenção, análise e tratamento de resultados.

### ***4º Propostas de acção e remediação:***

- Com base nas características das bacias hidrográficas dos cursos de água em questão, nos resultados das campanhas de amostragem e na identificação dos principais focos de poluição, é apresentada um conjunto de medidas com vista à reabilitação dos mesmos.

## **CAPÍTULO 2**

### **Enquadramento da Zona de Estudo**

### 2.1 Introdução

O concelho do Porto tem uma área de cerca de 42Km<sup>2</sup>. O concelho confina a ocidente e a sul com o oceano Atlântico e o rio Douro, a oriente e a norte com os concelhos de Gondomar, Maia e Matosinhos. A limitação da cidade a norte e a oriente é definida aproximadamente pela Estrada Nacional nº12, também designada como Estrada da Circunvalação (COBA, 2003). O concelho do Porto é constituído por 15 freguesias como se pode verificar na figura 2.1.

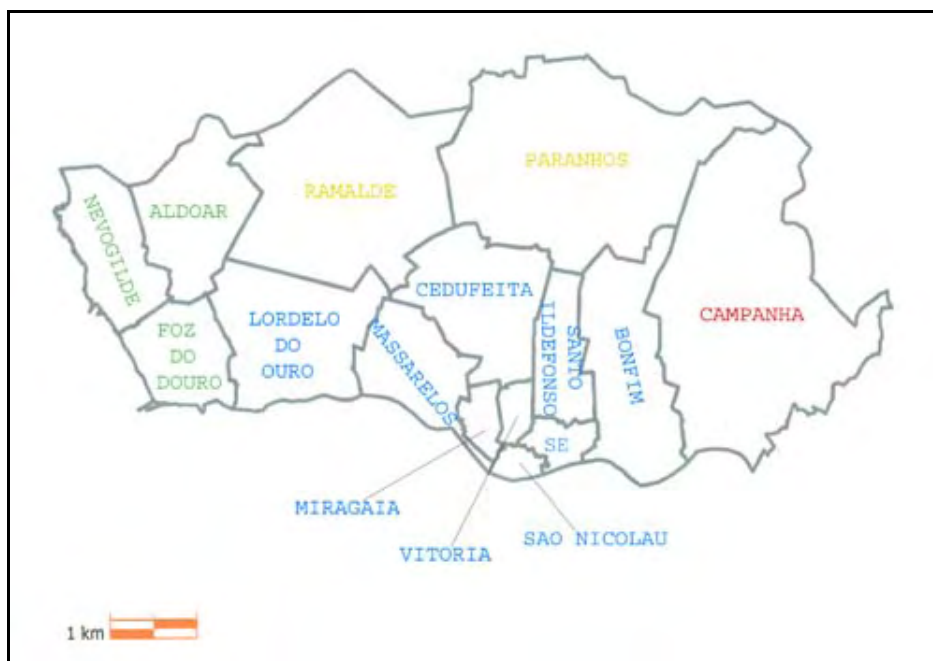
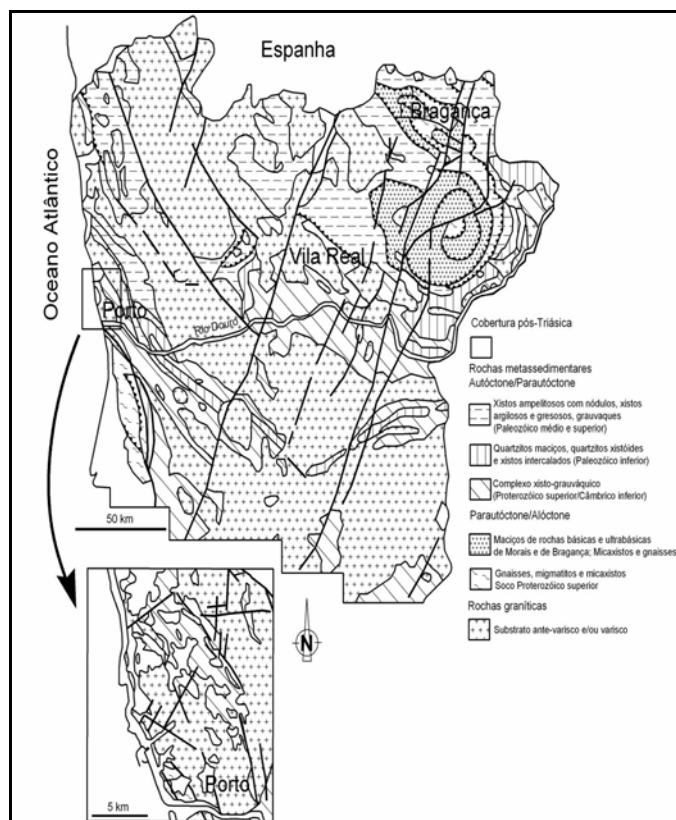


Figura 2.1 – Concelho do Porto dividido por freguesias (modificado por H. Fernandes e N. Vieira).

Trata-se de uma cidade de cotas não muito elevadas. A cidade enquadra-se numa região aplanada que desce suavemente para o mar e encontra-se cortada pelo vale do rio Douro e seus afluentes. O ponto mais alto situa-se na zona do Monte Aventino (161m de cota) (COBA, 2003).

### 2.2 Geologia e Geomorfologia

A região do Porto localiza-se (Figura 2.2) num domínio geotectónico complexo do Maciço Ibérico (MI), i.e., entre os terrenos da faixa de cisalhamento de Porto – Coimbra – Tomar e o Sulco Carbonífero Dúrico-Beirão.



**Figura 2.2 – Enquadramento geológico da região do Porto no Norte de Portugal (simplificado de Oliveira et al., 1992).**

O MI foi estruturado na orogenia Cadomiana e Varisca cuja evolução tectónica posterior é imposta pela orogenia Alpina (e.g., RIBEIRO, 1988; CABRAL, 1995) correspondendo à reactivação das falhas tardi-Variscas e como consequência estará na origem dos actuais traços morfoestruturais da região (ARAÚJO, 1991; GOMES & BARRA, 2001; ARAÚJO et al., 2003). A presença de alguns depósitos plio-quadernários, discordantes sobre o substrato ante-Mesozóico, representará ou o testemunho do arrasamento do relevo e modelação da superfície do MI, ou o entalhe da rede hidrográfica actual (MARTÍN-SERRANO, 1994).

A região do Porto é caracterizada, em traços muito gerais, pela dominância de rochas graníticas de idade varisca e/ou pré-varisca, sendo estas, maioritariamente, granitóides de duas micas, de grão médio e textura granular ( fácies granítica do Porto; segundo ALMEIDA, 2001) ou porfíroide ( fácies granítica de Ermesinde).

Em termos de fracturação regional, as orientações dominantes apresentam direcções NW-SE e NE-SW, predominando em termos de quadrante de inclinação as descontinuidades sub verticais a verticais. A análise do estado de alteração/alterabilidade permitiu constatar que o resultado da meteorização das rochas graníticas da região é

frequentemente patenteada pela arenização e/ou decomposição do maciço (cf. BEGONHA & BRAGA, 1995; BEGONHA, 2001), que pode alcançar profundidades de mais de 100 m.

Do ponto de vista geomorfológico, a região em estudo está enquadrada no MI (RIBEIRO, 1988; ARAÚJO, 1991), correspondendo a uma vasta área aplanada (as cotas não ultrapassam em geral os 100 metros) de posição marginal relativamente à plataforma litoral, que transita para um relevo acentuado de rebordo interior de plataforma (i.e., o relevo marginal; ARAÚJO, 1991; ARAÚJO et al., 2003). A organização da rede de drenagem reflecte a tectónica da área, especialmente, dos sistemas de fracturação regional dos quadrantes NW-SE a NNW-SSE, NE-SW a NNE-SSW e W-E (cf. CONDE, 1983; ARAÚJO, 1991), impondo os traços morfoestruturais à região. Assim, estas estruturas maiores produzem uma compartimentação tectónica que, por sua vez, condicionou a distribuição das linhas de água, e consoante a litologia e a estrutura formaram-se as redes hidrográficas, em geral, do tipo rectangular e/ou dendrítico. A linha de água principal na região em estudo é o rio Leça, desenvolvendo-se sobre uma plataforma ligeiramente inclinada para o Oceano Atlântico com uma orientação NE-SW. As ribeiras do Arquinho e do Leandro são dois dos tributários mais relevantes, exibindo uma orientação geral N-S (ARAÚJO, 1991; REIS, 2002). A parte terminal do rio Douro constitui outro sistema fluvial, orientando-se localmente segundo W-E.

O granito do Porto aflora em grande parte da cidade do Porto, estendendo-se ainda para os concelhos de Vila Nova de Gaia, Matosinhos e Maia, contactando, a Leste, com uma extensa mancha de rochas metassedimentares (tradicionalmente incluída no “Complexo Xisto-Grauváquico”; cf. CARRINGTON DA COSTA & TEIXEIRA, 1957) e, a Oeste – Sudoeste, com uma série de unidades tectonoestratigráficas de médio a alto grau metamórfico típicas da ZOM. Uma parte da região está ocupada por depósitos de cobertura de idade holocénica e/ou plistocénica (depósitos aluvionares, areias de praia e de duna actuais), e de idade plio-plistocénica (depósitos de praias antigas e de terraços fluviais) — vide ARAÚJO (1991, 1997), SOARES DE CARVALHO (1992), ARAÚJO et al. (2003). (in VIEIRA, 2005).

### **2.2.1 Enquadramento geológico das bacias das linhas de água estudadas**

Relativamente ao enquadramento geológico das bacias das linhas de água estudadas podemos concluir que todas elas apresentam um enquadramento geológico idêntico, como podemos observar nas figuras 2.3, 2.4, 2.5, 2.6.

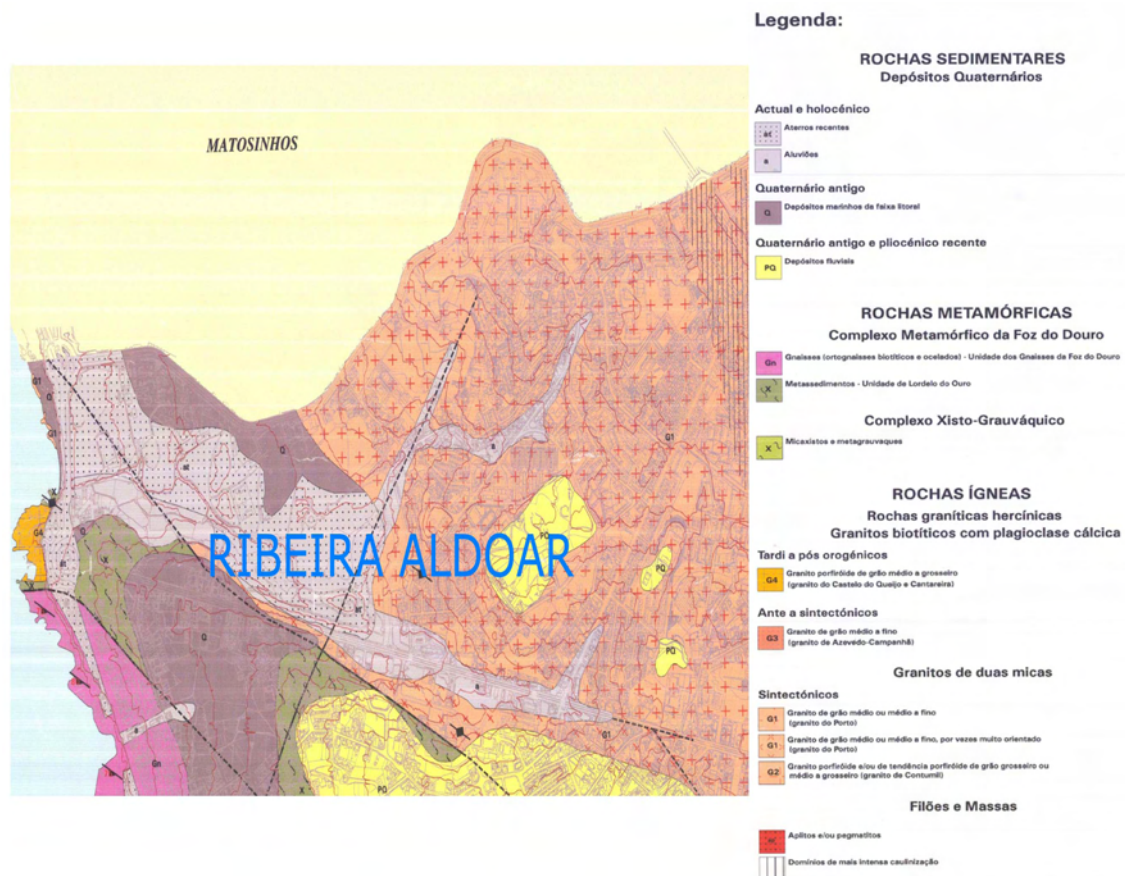


Figura 2.3 – Enquadramento geológico da bacia da Ribeira de Aldoar.

Nas rochas sedimentares podemos encontrar 3 tipos de depósitos quaternários:

### **Actual e Holocénico:**

Aterros recentes (at): estes aterros estão localizados na sua maioria na parte ocidental da cidade (parte da cidade onde se localiza a ribeira de Aldoar) onde posteriormente foi construído o Parque da Cidade. Também estão presentes na marginal entre a circunvalação e a foz do rio Douro e que serviram, nomeadamente para a construção das avenidas junto ao mar. São constituídos por materiais litológicos naturais provenientes de escavações e/ou por materiais artificiais, incluindo-se neste caso quer o escombros resultante de obras quer resíduos resultantes de actividades antrópicas.

Aluviões (a): correspondem a depósitos fluviais que ocupam os vales das ribeiras e rio estudados e são essencialmente constituídos por sedimentos argilosos e areias que ocorrem no leito de inundação. Estes últimos são mais evidentes na zona oriental da

## CAPÍTULO 2 – ENQUADRAMENTO DA ZONA DE ESTUDO

cidade nomeadamente nos vales dos rios Tinto e foram outrora utilizados para actividades agrícolas por serem muito férteis.

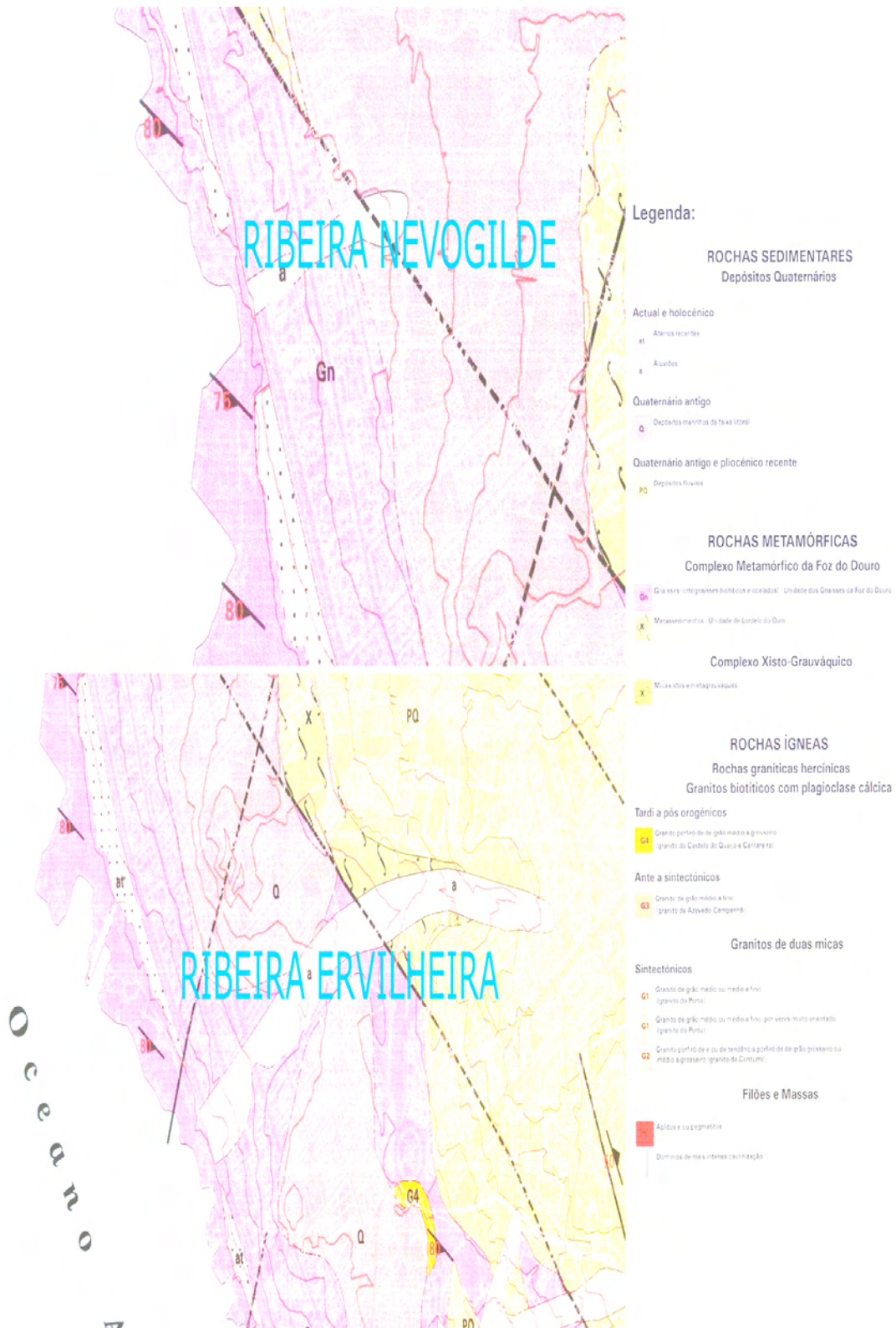


Figura 2.4 – Enquadramento geológico da bacia das Ribeiras de Nevogilde e Ervilheira.



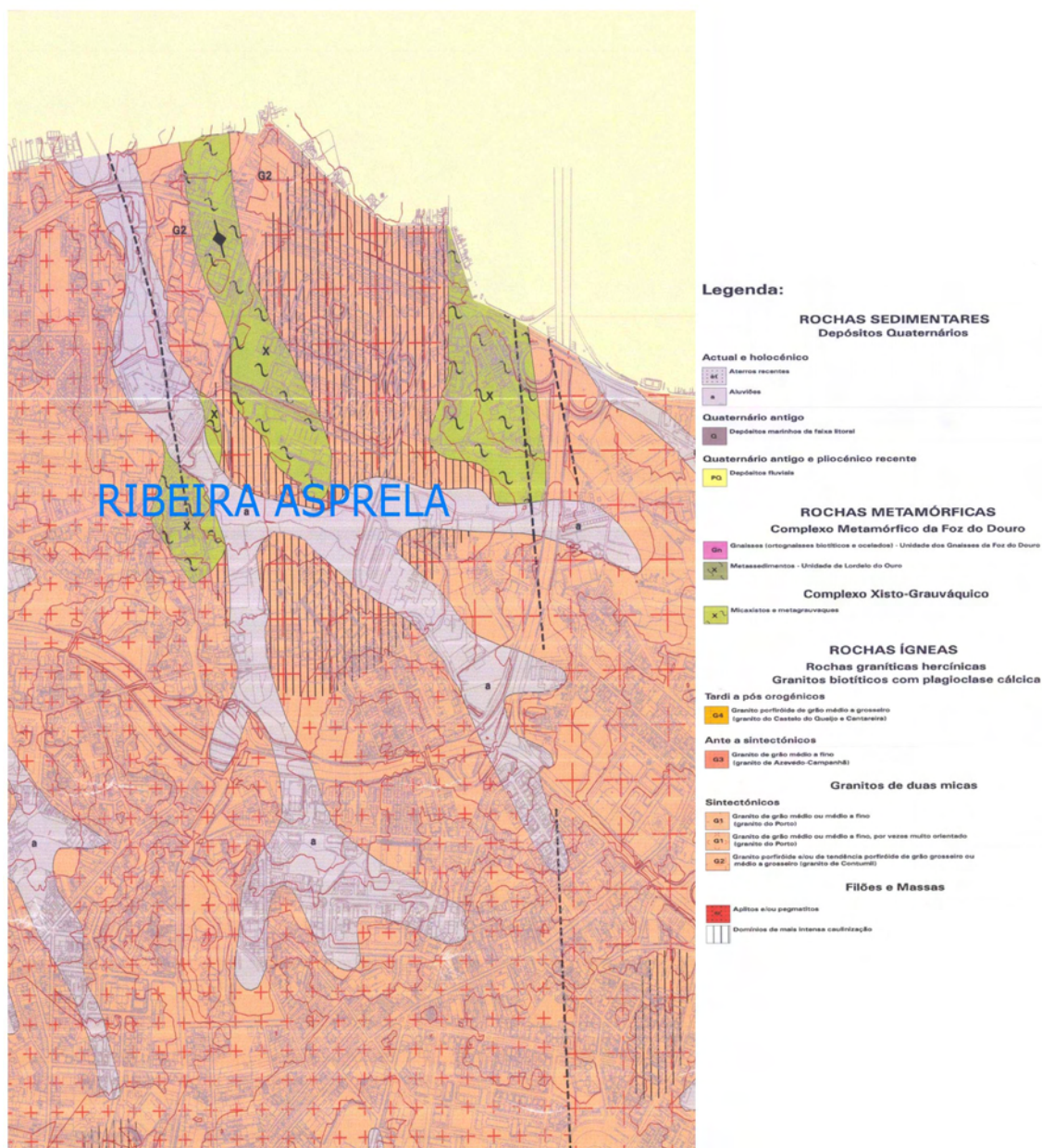


Figura 2.5 – Enquadramento geológico da bacia da Ribeira da Asprela.

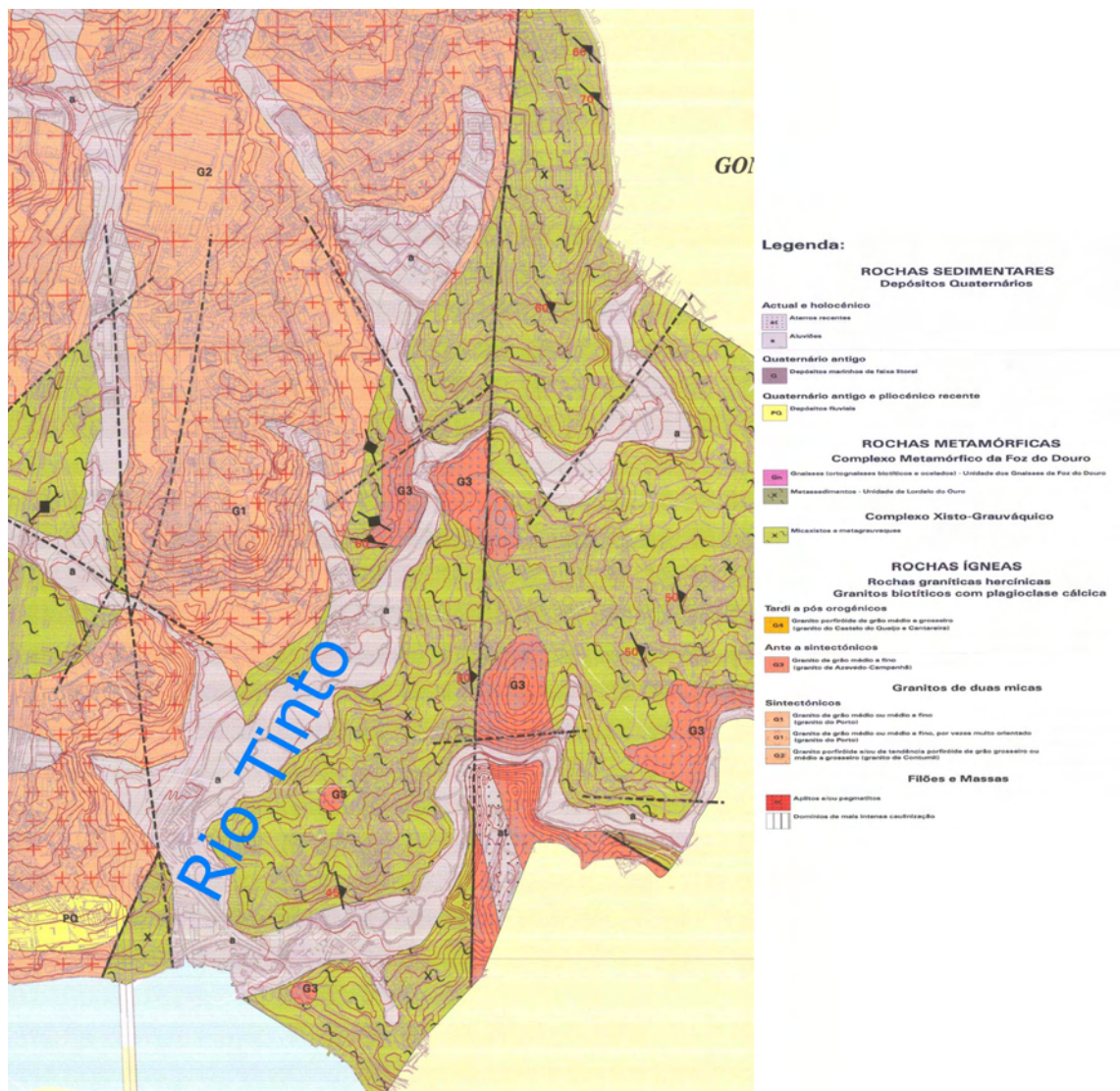
### Quaternário Antigo (Q):

É a unidade onde se incluem os depósitos de origem da faixa litoral existente na Foz do Douro e Nevogilde. São depósitos essencialmente arenosos mas com muitos seixos rolados que correspondem a praias antigas (terraços marinhos) e que comprovam processos ligados a regressão.



### Quaternário Antigo e Pliocénico recente (PQ):

Esta unidade pode ser encontrada com mais incidência na ribeira da Ervilheira e é formada por areias grosseiras e cascalhos de origem fluvial, terraços fluviais.



**Figura 2.6 – Enquadramento geológico da bacia do Rio Tinto.**

Na zona ocidental da Cidade do Porto, na estreita orla litoral entre a foz do rio Douro e o Castelo do Queijo (onde se situam as ribeiras de Aldoar, Ervilheira e Nevogilde) encontram-se magníficos afloramentos de rochas metassedimentares, com metamorfismos de alto grau, especialmente associados a rochas ortognáissicas de diferentes tipos e anfibolitos, que no seu conjunto foram cortados por granitos de idade hercínica. Estes afloramentos contrastam com os da zona oriental (onde se localiza o rio Tinto) onde os ortognaisses e anfibolitos estão ausentes e em que micaxistos e

metagrauvaques, constituindo uma sequência relativamente monótona e menos metamorfizada, são também recortados por granitos hercínicos.

Complexo Metamórfico da Foz do Douro:

O “Complexo Metamórfico da Foz do Douro” é constituído essencialmente, por diferentes tipos de ortognaisses, anfibolitos e metassedimentos. Pode, no seu conjunto, considerar-se no essencial, constituído por duas unidades distintas: a “Unidade dos gnaisses da Foz do Douro” (UGFD) e uma unidade essencialmente constituída por metassedimentos a “Unidade de Lordelo do Ouro” (ULO).

A UGFD é constituída essencialmente por anfibolitos e quatro tipos de ortognaisses: (i) gnaisses biotíticos; (ii) gnaisses leucocratas de tendência ocelada; (iii) gnaisses leucocratas e (iv) gnaisses leucocratas ocelados mais nitidamente afectados por deformações cisalhantes (BORGES et al., 1985). A UGFD contacta a NE e SW com a ULO que é essencialmente constituída por micaxistos a que se associam, por vezes, as rochas calcossilicatadas e anfibolitos.

### **a) Gnaisses**

Unidade dos Gnaisses da Foz do Douro (UGFD): nesta unidade existem quatro tipos de rochas gnaissicas: (i) gnaisses biotíticos; (ii) gnaisses leucocratas de tendência ocelada; (iii) gnaisses leucocratas e (iv) gnaisses leucocratas ocelados. Os dois primeiros tipos constituem o essencial da faixa metamórfica a sul da praia do Homem do Leme, abrangendo a bacia da ribeira da Ervilheira. A norte desta faixa, onde se situam as bacias das ribeiras de Aldoar e Nevogilde, tem um aspecto completamente distinto, sendo constituída por gnaisses leucocratas ocelados.

### **b) Metassedimentos (X)**

Unidade de Lordelo do Ouro (ULO): esta unidade é constituída por formações metassedimentares muito dobradas, sendo nítida a discordância entre as foliações presentes nos gnaisses e nos metassedimentos, que são constituídos por micaxistos a que se associam, por vezes, anfibolitos e rochas calcossilicatadas.

A zona de cisalhamento Porto-Tomar (ZCPT) passa, próximo do Castelo do Queijo (onde desagua a ribeira de Aldoar) e separa os terrenos da Zona Centro Ibérica, nomeadamente o “Complexo Xisto-Grauváquico” (CXG), que ocorre na zona oriental da

cidade do Porto, dos terrenos da Zona de Ossa Morena. Nas bacias das ribeiras estudadas podemos também encontrar dois tipos de rochas graníticas, as rochas graníticas hercínicas e os granitos de duas micas.

Rochas Graníticas Hercínicas:

Para os granitos da Zona Centro Ibérica (ZCI), na área da cidade podem distinguir-se dois grupos de rochas graníticas: o dos granitos biotíticos com plagioclase cálcica e o dos granitos de duas micas.

a) Granitos biotíticos com plagioclase cálcica

Tardi a pós-tectónicos (G4)

Granitos porfíroides de grão médio a grosseiro: este tipo de granito está representado nomeadamente no afloramento no qual assenta o forte de S. Francisco Xavier, vulgarmente designado por Castelo do Queijo. O granito do Castelo do Queijo é um granito porfíroide biotítico, de grão médio a grosseiro, por vezes, com orientação da biotite (N130°E) que se intensifica nas proximidades do contacto com os metassedimentos do Complexo Metamórfico da Foz e tem a particularidade de possuir encraves microgranulares de rochas melanocratas.

Ante a sintectónico (G3)

Este granito aflora em pequenas manchas que ocorrem na zona oriental da cidade, nomeadamente nas imediações da bacia do rio Tinto, em Azevedo de campanhã, onde intruem metassedimentos do complexo Xisto-Grauváquico ao longo de alinhamentos de orientação NS a N20°W. Trata-se de granitos não porfíroides de granularidade média a fina, com uma textura orientada. Apresenta uma textura principalmente materializada pela orientação de pequenos cristais de biotite e oligoclase. O feldespato potássico, apresenta-se em geral muito alterado. A moscovite ocorre em placas tardias e intimamente associada a um quartzo microgranular. De referir também a ocorrência de granada e rara silimanite.

b) Granitos de duas micas:

Sintectónicos:

Os terrenos graníticos sobre os quais assenta a cidade do Porto são predominantemente constituídos por granitos de duas micas sintectónicos. Os granitos da cidade do Porto são granitos de duas micas, com predomínio de

moscovite, que exibem por vezes uma textura orientada (N130°E). Porém podem revelar-se com uma textura não porfíróide ou com uma textura porfíróide ou de tendência porfíróide, uma granularidade que pode variar de média a grosseira ou de fina a média, e uma percentagem variável de biotite e moscovite.

### 2.3 Caracterização hidrológica

Tal como foi referido anteriormente, a cidade do Porto possui relevo pouco acentuado, correspondendo a uma vasta área aplanada. Caracteriza-se por ser uma larga plataforma com uma inclinação suave para W e S, na qual se instalou o rio Douro e seus afluentes (Figura 2.7), muitos deles encontrando-se total ou parcialmente canalizados. Os rios Tinto e Torto situam-se na parte mais oriental da cidade do Porto e são os únicos afluentes que correm totalmente a céu aberto, drenando as suas águas para o rio Douro. O rio da Vila e o rio Frio, o ribeiro de Massarelos, o ribeiro do Bonfim (ou de Mijavelhas) e a ribeira de Lordelo, têm como principal afluente o ribeiro de Ramalde (REIS, 2002).

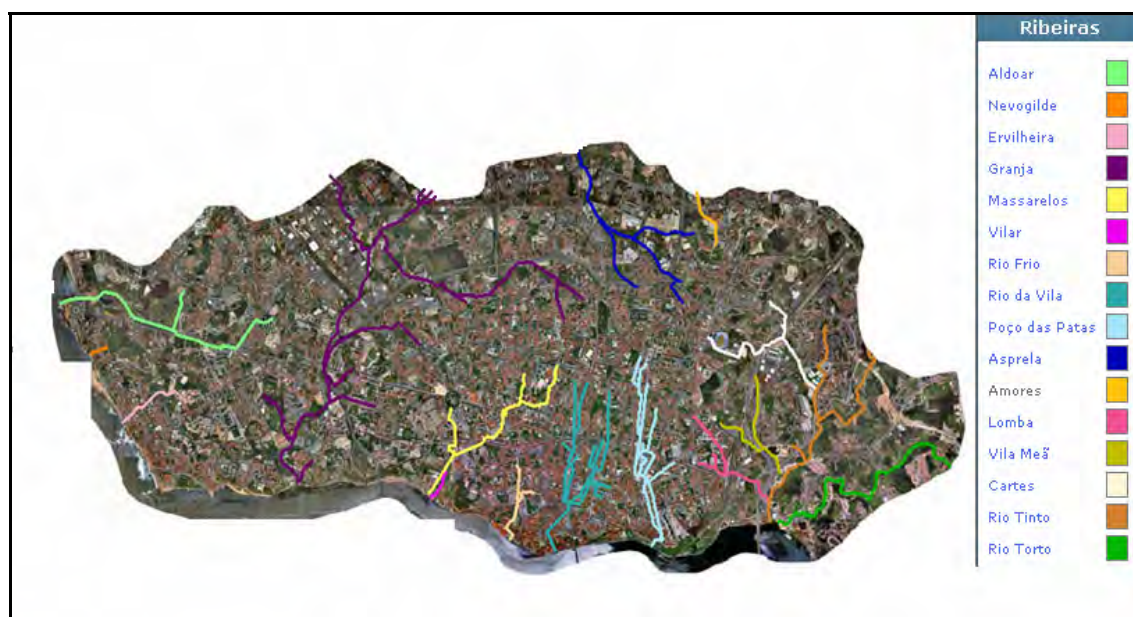


Figura 2.7 – Cursos de água do município do Porto (adaptado de [www.ribeirasdoporto.pt](http://www.ribeirasdoporto.pt))

A norte da cidade, o escoamento do ribeiro de Paranhos (ou ribeira da Asprela), faz-se para a bacia hidrográfica do rio Leça e, a noroeste os ribeiros de Aldoar (ou Regato do Queijo), Nevogilde e Ervilheira (ou Gondarém) fazem directamente as suas descargas para o Oceano Atlântico (REIS, 2002).

A canalização das ribeiras no interior da cidade tem sido consequência de dois aspectos fundamentais (VIEIRA, 2005), os quais, de alguma forma, se relacionam entre si: (a) a

forte pressão urbanística e a consequente ocupação dos terrenos próximos das linhas de água e (b) o facto de estes trechos funcionarem também como colectores de águas pluviais e, por vezes, de águas residuais. A canalização das ribeiras é responsável, por um lado, por alterações significativas no regime hidráulico e, por outro, pela diminuição da qualidade da água devido à redução de oxigenação, condicionando os processos de auto-depuração.

### **2.4 Clima e pluviosidade**

As características pluviométricas na região do Porto estão condicionadas, com maior incidência, pelas perturbações atmosféricas de oeste e pelas situações depressionárias em conjunto com os fluxos marítimos, os quais mantêm ainda, nesta área próxima do Oceano, as suas propriedades higrométricas (VIEIRA, 2005).

A precipitação média anual na região do Porto é de 1152 mm, correspondendo o corpo central da estação chuvosa aos meses de fim de Outono e Inverno. No que diz respeito à temperatura, a média anual nesta região é de 14°C, sendo o mês mais frio Janeiro e o mês mais quente Julho (AFONSO, 2003).

De acordo com o critério de classificação climática de Köppen (in STRAHLER, 1979), o clima do Porto, inclui-se no tipo Csb, correspondendo a um clima mediterrâneo, temperado húmido, em que o mês mais frio tem uma temperatura média compreendida entre -3°C e 18°C, o período quente e seco anual, correspondente aos meses de Julho e Agosto, apresentam temperaturas médias que não são superiores a 22°C no mês mais quente (In VIEIRA, 2005). A aplicação do balanço hídrico sequencial (LENCASTRE & FRANCO, 1992) revelou a existência de um período húmido extenso, que se inicia em Outubro e se prolonga até meados de Maio e um período seco de curta duração que vai de Junho a Setembro. A evapotranspiração real obtida através do método de Thornthwaite e Mather conduziu a um valor médio anual na região de 612,6 mm/ano (VIEIRA, 2005).

### **2.5 Caracterização socio-económica**

No Quadro 2.1 encontram-se os dados preliminares relativos aos censos 2001 (INE), da população residente na cidade do Porto, assim como dos alojamentos e edifícios.

Da análise do Quadro 2.1, pode-se verificar que as freguesias mais povoadas são freguesias de Paranhos, Campanhã e Ramalde, sendo as menos povoadas as freguesias

## CAPÍTULO 2 – ENQUADRAMENTO DA ZONA DE ESTUDO

de vitória, Miragaia e São Nicolau. Pode-se também verificar que no concelho do Porto existem mais mulheres do que homens.

**Quadro 2.1 – População residente no concelho do Porto (INE, Censos, 2001; in Reis, 2002).**

Zona Geográfica	População Residente		Alojamentos	Edifícios
	Total	Homens		
<b>Porto</b>	<b>262 928</b>	<b>119 749</b>	<b>125 471</b>	<b>47 234</b>
Aldoar	13 958	6 63	5 360	2 170
Bonfim	28 453	12 429	14 670	5 925
Campanhã	38 797	18 223	16 341	8 128
Cedofeita	24 622	10 824	13 787	5 128
Foz do Douro	12 167	5 655	5 380	2 137
Lordelo do Ouro	22 249	10 356	8 962	2 599
Massarelos	7 957	3 518	4 311	1 315
Miragaia	2797	1 292	1 771	641
Nevogilde	5 230	2 414	2 325	799
Paranhos	48 569	21 992	23 642	8 115
Ramalde	37 711	17 461	16 413	5 031
Santo Ildefonso	10 026	4 305	6 809	2 769
São Nicolau	2 936	1 332	1 395	398
Sé	4 742	2 148	2 614	1 415
Vitória	2 714	1 162	1 691	671

Segundo do INE, verifica-se um decréscimo da população de 13,1%, na população residente, e um decréscimo de 13,8%, na população presente em relação a 1991. Regista-se uma redução de população sobretudo nos concelhos vizinhos e, por outro lado, a população está a envelhecer. É nas oito freguesias que constituem o “Núcleo Central” onde se incluem as quatro freguesias mais pequenas e antigas da cidade do Porto (S. Nicolau, Miragaia, Vitória e Sé) e a “Periferia Central” (Massarelos, Cedofeita, Santo Ildefonso e Bonfim) que se verificam as maiores taxas de envelhecimento (REIS, 2002). Da observação do Quadro 2.2 podemos constatar que a cidade do Porto tem uma actividade industrial bastante significativa.

Em Abril de 1999, o concelho possuía 303 unidades industriais licenciadas sendo 33,7% indústrias de impressão, 27,4% fábricas de produtos metálicos, 10,9% indústrias de fabrico de máquinas e equipamentos e 4,6% indústria química. A DRARN estima que as cargas poluentes totais por sector de actividade (Quadro 2.3) são em termos de: (a) sólidos totais (SST), (b) carência bioquímica de oxigénio (CBO5) e (c) carência química de oxigénio (CQO).

## CAPÍTULO 2 – ENQUADRAMENTO DA ZONA DE ESTUDO

**Quadro 2.2 – Unidades industriais no Concelho do Porto, de acordo com a classe de actividade económica (CAE) [DRARN, 1999] (in Reis, 2002).**

<b>Tipo de Estabelecimentos</b>	<b>Nº de estabelecimentos</b>
Indústria de conservas de pesca e de aquacultura	1
Indústria de conservação de frutos e produtos hortícolas	2
Produção e refinação de óleos alimentares	1
Indústria de leite e de derivados	2
Transformação de cereais e leguminosas	5
Fábrica de bolachas, biscoitos, tostas e pastelaria de conservação	4
Fábrica de bebidas destiladas	6
Indústria têxtil	11
Curtimento e acabamentos de peles sem pêlo	1
Fabrico de folheados, contraplacados, lamelados e outros painéis	1
Impressão e actividades relacionadas com a impressão	93
Fabrico de produtos químicos	14
Fabrico de pneus e câmaras-de-ar	2
Fabrico de vidros e artigos de vidro	11
Fabrico de produtos de betão, gesso, cimento e marmorite	2
Serragem, corte e acabamentos de pedra	1
Outras indústrias metalúrgicas de base	11
Fabrico de produtos metalúrgicos excepto máquinas e equipamentos	83
Fabrico de máquinas e equipamentos	33
Fabrico de máquinas e equipamentos eléctricos	11
Fabrico de automóveis, semi-reboques e reboques	3
Fabrico de outros materiais de transporte	4
Reciclagem	1

**Quadro 2.3 – Cargas poluentes por sector de actividades, Concelho do Porto [DRARN, 1999] (in REIS, 2002).**

<b>Sector de actividades</b>	<b>Carga poluente total estimada <sup>(a)</sup></b>			
	<b>SST</b>	<b>CBO<sub>5</sub></b>	<b>CQO</b>	<b>H. Eq.</b>
Indústria alimentar e de bebidas	255,1	666,1	1256,9	44 376
Fabricação de têxteis	21,3	35,9	60,6	2 382
Indústria de couros e artigos de couro	581,5	387,6	969,1	25 740
Fabricação de pasta de papel e de cartão	1 793,9	115,2	460,8	7 650
Impressão e serviços ligados à impressão	-	13,0	15,2	866
Indústrias químicas	242,2	325,3	386,7	21 600
Fabrico de artigos de borracha e de matérias	0,9	3,1	12,3	204
Fabrico de outros produtos minerais não metálicos	6,9	-	33,0	1 880
Indústrias metalúrgicas de base	20,7	26,0	30,3	1 726
Fabrico de produtos metálicos	-	-	21,4	1 219
Fabrico de máquinas e equipamentos	-	72,1	84,1	4 785
Fabrico de máquinas e aparelhos eléctricos	-	3,7	3,7	248
Fabrico de veículos automóveis, reboques	-	24,2	28,3	1 610
Fabrico de outros materiais de transporte	-	12,8	14,9	850
<b>Total</b>	<b>2 922</b>	<b>1 685</b>	<b>3 377</b>	<b>115 136</b>

(a) valores em ton/ano; H. Eq. – habitante equivalente



## CAPÍTULO 2 – ENQUADRAMENTO DA ZONA DE ESTUDO

Nas figuras 2.8, 2.9 e 2.10 pode-se verificar, quais as indústrias que contribuem para uma maior carga poluente em termos de CQO, CBO5 e SST.

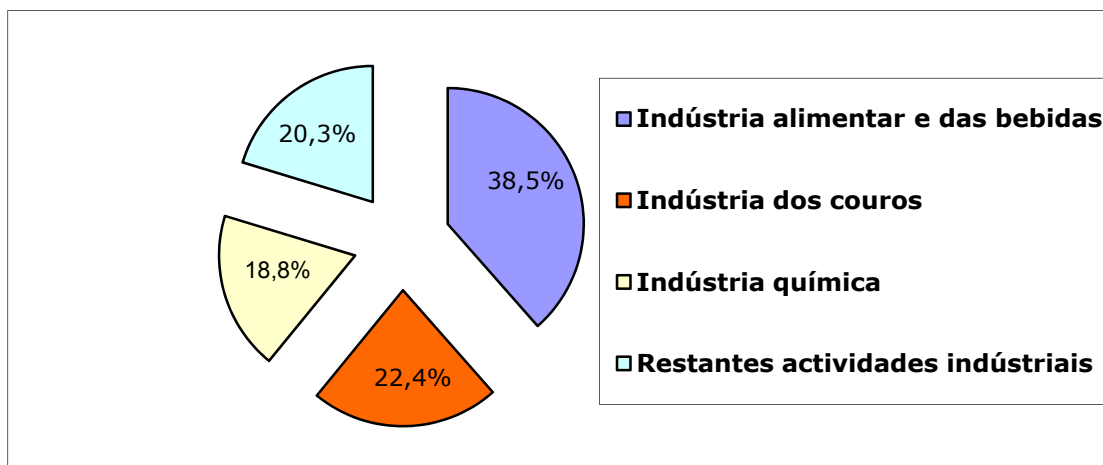


Figura 2.8 – Indústrias mais poluentes em termos de CQO.

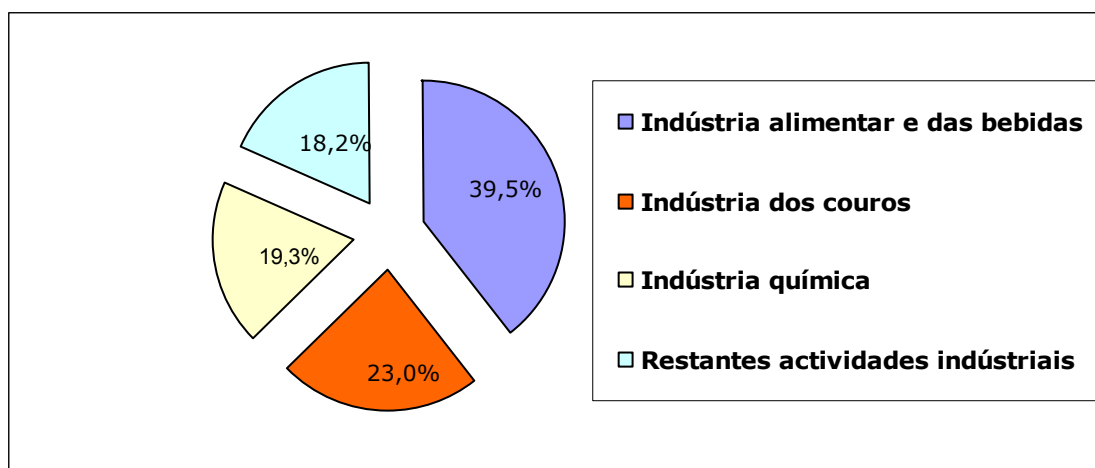


Figura 2.9 – Indústrias mais poluentes em termos de CBO5.

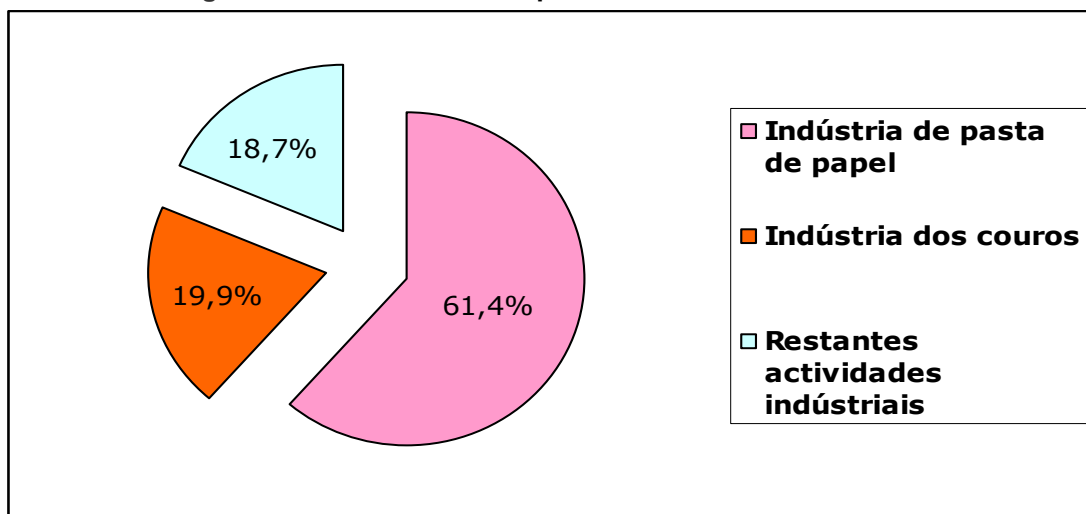


Figura 2.10 – Indústrias mais poluentes em termos de SST.



### 2.6 Drenagem e tratamento das águas residuais

No início do século passado a cidade do Porto assumiu um papel pioneiro definido e concretizando um sistema de redes colectoras, interceptação e destino final das águas residuais, permitindo durante décadas uma ausência de descargas poluentes no rio Douro, com princípios e métodos considerados como adequados às condições de então.

Primeiramente as águas residuais eram conduzidas para o Oceano Atlântico, sendo efectuado o seu lançamento na zona terminal do rio, realizando-se, assim, um adequado lançamento do efluente no rio, dito de “à maré”. Ao longo de décadas houve a preocupação de expandir os interceptores e ampliar as redes colectoras, acompanhado assim a expansão urbanística da cidade.

Devido ao aumento cada vez maior da população na cidade do Porto, os rios começaram a ficar cada vez mais poluídos devido à quantidade de águas residuais neles depositados. Como consequência tornou-se necessário construir estações de tratamento com a finalidade de despoluir os rios do Porto. Foram então construídas em 2000 a ETAR do Freixo e em 2003 a ETAR de Sobreiras (SMAS, 2003).

A ETAR do Freixo permite o tratamento das águas residuais produzidas por um equivalente populacional de 170 mil habitantes e serve, neste momento, a zona oriental da cidade do Porto, bem como a freguesia de Fânzeres (Concelho de Gondomar). Esta ETAR é composta por três linhas de tratamento – a linha líquida, a linha de lamas e a linha de desodorização.

A ETAR de Sobreiras trata as águas residuais domésticas da parte ocidental da cidade, tendo sido dimensionada para servir um equivalente populacional de 200 mil habitantes. A concepção do sistema de tratamento foi efectuada de modo a assegurar que o efluente tratado tenha características compatíveis com a sua utilização na rega de espaços verdes e como água de serviço no interior da instalação.

Características da ETAR de Sobreiras:

- Caudal médio diário: 54 000 m<sup>3</sup>/dia
- Caudal de ponta máximo: 1 206 L/s
- Valores à entrada:
  - Carência Bioquímica de Oxigénio: 16 700 kg/dia
  - Carência Química de Oxigénio: 33 800 kg/dia
  - Sólidos em suspensão: 21 600 kg/dia
  - Azoto total de Kjeldhal: 3 800 kg/dia

\_\_\_\_\_

- A realização destas ETAR'S implicou, ainda, a execução de outras obras complementares (Figura 2.11) relacionadas com a intercepção, recolha e condução dos esgotos até estas unidades de tratamento.



## **CAPÍTULO 3**

### **Amostragem e Técnicas de Análise**

### 3.1 Introdução

Tendo em vista a caracterização da qualidade da água do Município do Porto, elaborou-se em primeiro lugar uma pesquisa bibliográfica e cartográfica, que não foi de todo fácil devido à escassez de informação. Para além das cartas existentes serem muito antigas, são também na sua maioria muito imprecisas no traçado de algumas ribeiras.

Em segundo lugar, procedeu-se a um exaustivo trabalho de campo que permitiu localizar no terreno o traçado propriamente dito, das ribeiras de Aldoar, Nevogilde, Ervilheira, Asprela e o rio Tinto. Este levantamento consistiu na identificação dos troços a céu – aberto e canalizado, neste caso a localização dos óculos de acesso à estrutura de contenção dos cursos de água. Para tal elaborou-se uma ficha de campo (Figura 3.1) contendo, entre outras as seguintes informações: localização, condições de acesso, estado de conservação das margens, aspecto da água, existência de descargas, data da recolha dos dados. Para traçar o percurso actual das ribeiras de Aldoar, Nevogilde, Ervilheira, Asprela e rio Tinto (Anexo A) foi utilizado o Programa AUTOCAD.

No Anexo B é apresentado o levantamento das fichas de campo que permitiram identificar o traçado dos cursos de água.

Em paralelo foi também efectuado um painel fotográfico (Anexo B) focando os aspectos mais relevantes referidos nas fichas de campo.

FICHA DE CAMPO							
Ribeira de _____ Troço: _____		Data: ____/____/____					
Localização	Céu Aberto/ Canalizado	Condições de Acesso	Estado de Conservação da Margem	Aspecto da Água CH / TV / CR	Existência de Descargas	Existência Vida Piscícola	Observações Foto Nº

CA -- Céu Aberto    C -- Canalizado    CH -- Cheiro    TV -- Turvação    CR -- Cor

**Figura 3.1 – Modelo da ficha de campo.**

### **3.2 Selecção e caracterização dos locais de amostragem**

Após a identificação dos vários cursos de água no terreno, procedeu-se à escolha dos possíveis pontos de amostragem, para posterior caracterização físico-química e bacteriológica das linhas de água. Para a caracterização dos ribeiros e para a identificação dos principais problemas de contaminação (físico-química e bacteriológica) foram seleccionados 27 pontos de amostragem ao longo de todos os cursos de água estudados, apresentados no Anexo A. O Quadro 3.1 apresenta a distribuição do número de pontos de amostragem nas diferentes ribeiras.

**Quadro 3.1 – Distribuição dos pontos de amostragem.**

<b>Nome da Ribeira</b>	<b>Nº de Pontos de amostragem</b>
Ribeira de Aldoar	8
Ribeira da Asprela	8
Ribeira de Nevovilde	2
Ribeira da Ervilheira	2
Rio Tinto	7

#### **3.2.1 Ribeira da Ervilheira**

A Ribeira da Ervilheira ou o Ribeiro de Gondarém (assim designado por atravessar a rua do mesmo nome) inicia-se perto da Rua Afonso Baldaia e desagua directamente para o Oceano Atlântico, na praia de Gondarém (a sul do Castelo do Queijo). A bacia hidrográfica da Ribeira da Ervilheira desenvolve-se entre a Avenida Marechal Gomes da Costa e a Rua do Crasto no sentido Nascente/Poente, numa área de 743.496,8m<sup>2</sup>.

Antigamente o seu traçado natural era de 1471m (COBA, 2003), devido às sucessivas necessidades de construção, foi desaparecendo da vista dos portuenses, estando actualmente cerca de 70% (661,02m) canalizada e apenas 307,26m a céu aberto (Figura 3.2).

A partir da zona do campo de jogos do Foz Futebol Clube, o curso de água desenvolve-se a céu aberto, num leito visível mas obstruído por vegetação densa e um enorme silvado (Foto 3.1). Na margem esquerda da ribeira estão construídas urbanizações, estando as águas pluviais destes prédios ligados à ribeira.

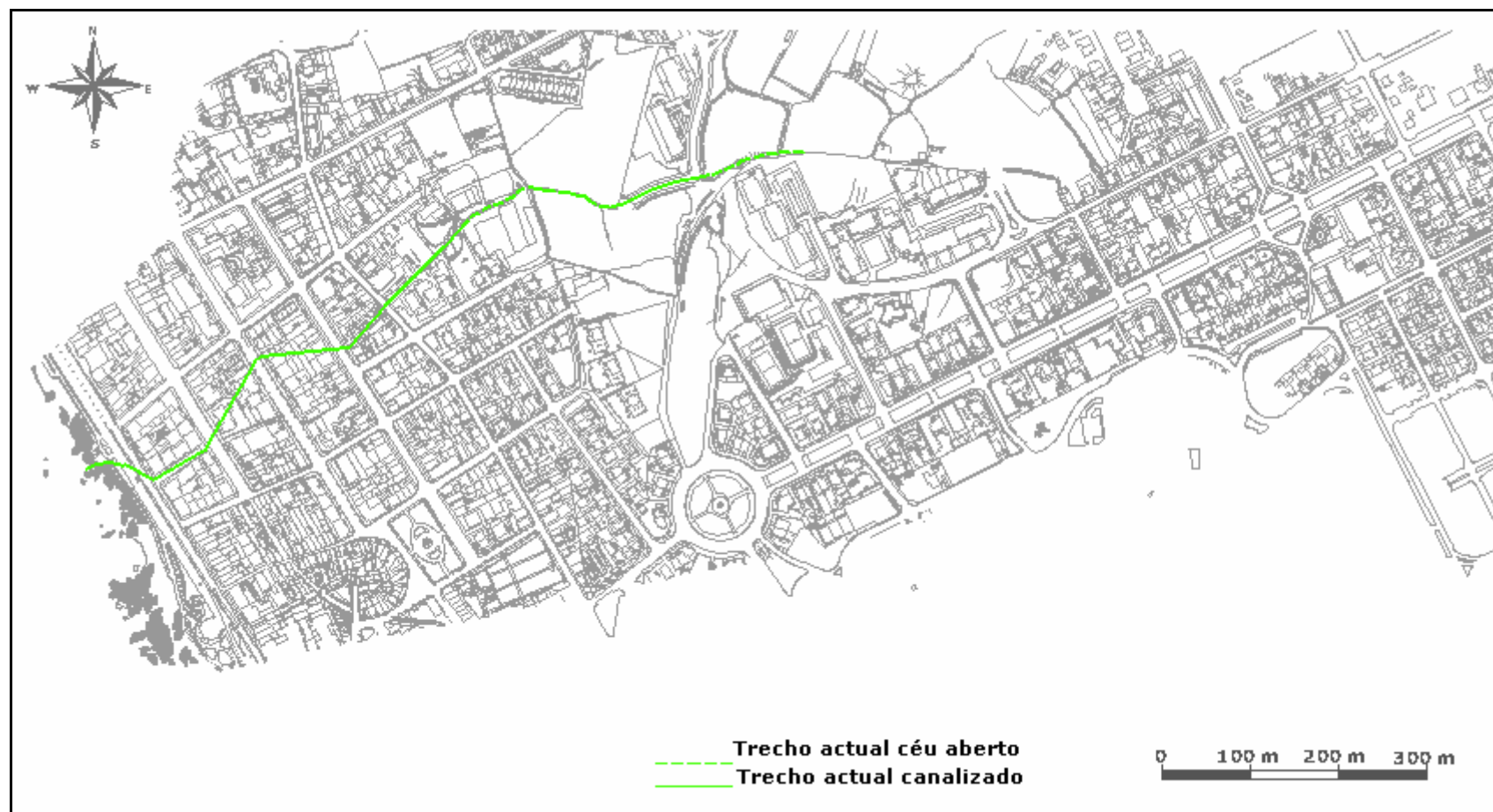


Figura 3.2 – Traçado da Ribeira da Ervilheira (Ribeiro de Gondarém).





Foto 3.1 – Leito a céu aberto obstruído por vegetação.



Foto 3.2 e 3.3 – Curso de água a céu aberto em campos de cultivo.



Foto 3.4 – Ribeira da Ervilheira canalizada.



Foto 3.5 – Praia de Gondarém.

A poente do campo de jogos do Foz F. C., a ribeira encontra-se cerca de 50m canalizada pela implementação de uma infra-estrutura viária, a Rua Maria Borges, construída em cima do leito da ribeira. A partir deste local o curso de água desenvolve-se a céu aberto, atravessando campos de cultivo e pequenas hortas (Foto 3.2). Na Viela dos abraços ainda é possível ver o traçado da ribeira para o lado nascente (Foto 3.3), o que não acontece para o lado poente da mesma estando coberta por uma vegetação muito densa e imenso silvado, até à caixa de entrada na zona canalizada, perto do muro de uma vivenda com entrada pela Rua Corte Real. A partir deste ponto a ribeira da Ervilheira assume novamente o seu carácter de curso de água canalizado (Foto 3.4), atravessando ao longo do aglomerado habitacional as Ruas de Corte Real, Dr. Sousa Rosa, Marechal Saldanha, Gondarém e Avenida do Brasil, até à praia de Gondarém onde desagua no mar num aqueduto parcialmente destruído (Foto 3.5).

### 3.2.2 Ribeira de Nevogilde

Trata-se de um pequeno riacho com cerca de 380m de comprimento (Figura 3.3) numa zona agrícola, por trás da Rua de Sá de Albergaria, na freguesia de Nevogilde.

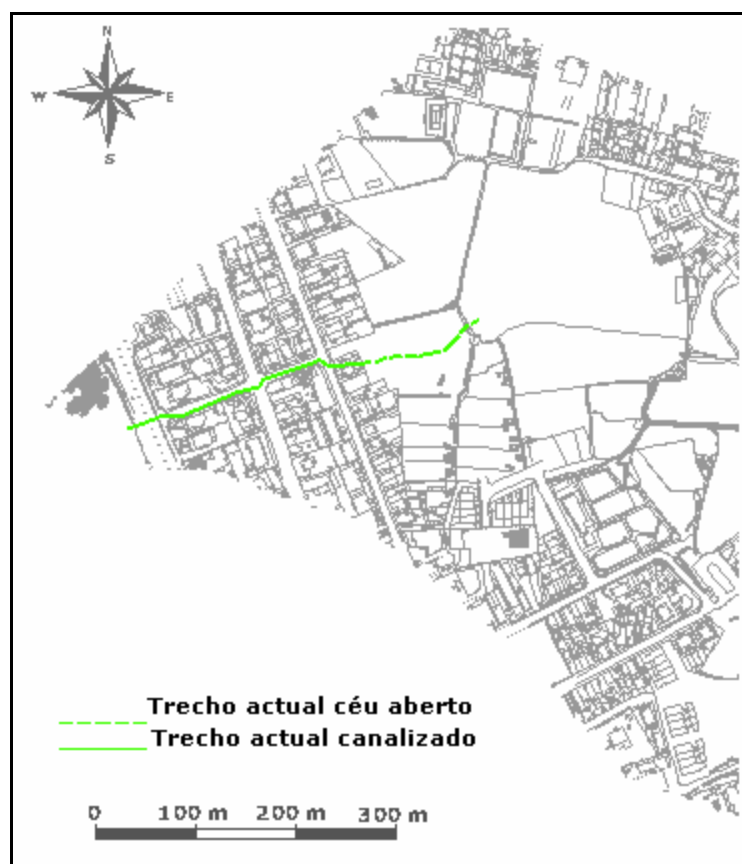


Figura 3.3 – Traçado da Ribeira da Nevogilde.



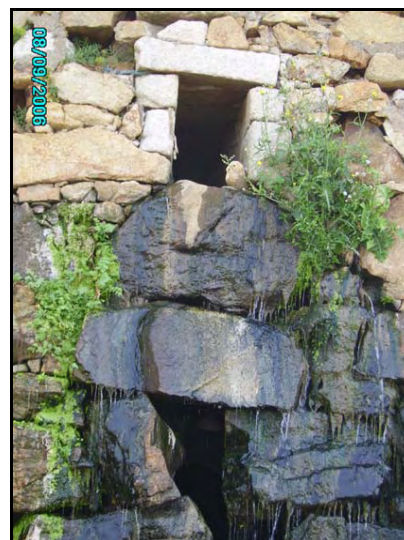


**Foto 3.6 – Aspecto do troço a céu aberto.**

Neste local a ribeira apresenta um trecho a céu aberto (Foto 3.6) numa extensão cerca de 127m, sendo as suas águas utilizadas para rega de campos agrícolas. Devido à construção de agregados habitacionais e redes viárias, foi necessário canalizar o restante traçado da ribeira (cerca de 250m). Assumindo o seu carácter de curso de água canalizado (Foto 3.7) nas traseiras das habitações da Rua do Marechal Saldanha, passando sob a Rua do Funchal atravessando a Rua de Gondarém e Avenida Montevideu, até desaguar no mar a sul do Castelo do Queijo, numa espécie de galeria em pedra (Foto 3.8).



**Foto 3.7 – Troço canalizado.**



**Foto 3.8 – Foz da Ribeira de Nevogilde.**

Apesar do seu traçado ter um comprimento reduzido, a bacia hidrográfica desenvolve-se numa área de 444.639,2m<sup>2</sup>.

As ribeiras de Nevogilde e Ervilheira apenas têm um único troço e como a sua extensão é reduzida optou-se por fazer uma recolha junto à nascente e outra na foz.

### 3.2.3 Ribeira de Aldoar

A Ribeira de Aldoar ou o pequeno Regato do Queijo, como era designado, desagua as suas águas no Oceano Atlântico, ligeiramente a Norte do Castelo do Queijo.

A bacia hidrográfica de Aldoar desenvolve-se a oeste da cidade, numa área de 4.008.164,9m<sup>2</sup>. A esta ribeira, juntam-se dois outros ribeiros: um ribeiro vindo das proximidades do hospital Magalhães Lemos e o outro vindo de Salazares. Para uma melhor compreensão do traçado desta ribeira optou-se por dividi-la em troços (Figura 3.4).

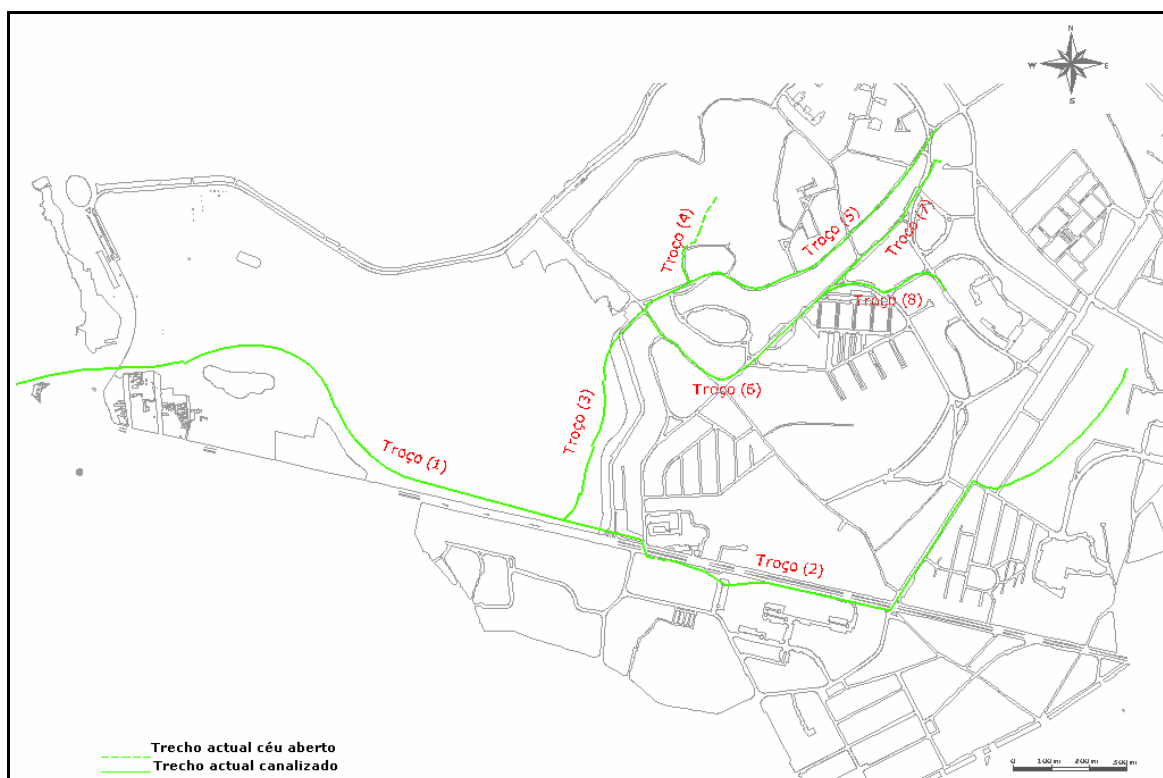


Figura 3.4 – Troços da Ribeira de Aldoar.

**Troço (8)** – Nasce na Rua de Angola que se localiza no Bairro Fonte da Moura, e prolonga-se até à Rua de Moçambique cruzando-se na Rua Jornal de Notícias com a ribeira vinda do troço (7). Tal como a maior parte das ribeiras esta não é excepção e também se encontra canalizada.

**Troço (7)** – O troço (7) tem o comprimento cerca de 470m, nasce nas traseiras de um prédio situado na Rua Jornal de Notícias e termina no cruzamento da Rua de Moçambique. A ribeira neste local passava a céu-aberto (testemunhado por uma residente na Rua de S. Bernardo), mas devido à construção de edifícios e redes viárias no local foi necessária a sua canalização.

**Troço (6)** – Neste troço também ele totalmente canalizado, juntam-se as águas vindas do troço (7) e do troço (8). Percorre um pouco mais a Rua Jornal de Notícias e vira na Rua

da Vilarinha (Foto 3.9) até se encontrar com o troço (3), muito perto do Parque da Cidade.



Foto 3.9 – Rua da Vilarinha (Troço 6).

**Troço (5)** – Este troço não é referenciado na carta geotécnica da câmara mas o levantamento de campo permitiu verificar que este existe e encontra-se canalizado na sua totalidade. Inicia-se perto da Rua do Lidador percorre a Rua Martim Moniz até se intersectar na mesma rua com o troço 4 descrito seguidamente.

**Troço (4)** – Apesar do avançado estado de degradação do leito do curso de água e da presença de vegetação densa, neste troço a ribeira corre ainda na sua maioria a céu aberto, num percurso de 212m, junto ao bairro de Aldoar. Neste troço é bem visível o impacto antrópico, traduzido pela presença de lixo, desde simples panos ou peças de vestuário a peças de motas (Foto 3.10). Este problema deverá ser considerado num futuro projecto de reabilitação já que é um dos poucos locais da ribeira que se encontra a céu aberto, onde a sua preservação seria fundamental.



Foto 3.10 – Troço a céu aberto onde é possível observar o mau estado de conservação da ribeira (Troço 4).



Foto 3.11 – Foz da Ribeira de Aldoar (Troço 1).

**Troço (3)** – Este troço inicia-se no cruzamento da Rua da Vilarinha com a Avenida do Parque, atravessa uma pequena parte do Parque da Cidade e encontra-se já dentro do mesmo com o troço (2). No momento de execução do Parque da Cidade optaram pela canalização da ribeira, em vez da limpeza das águas.

**Troço (2)** – Este troço inicia-se já canalizado no campo do INATEL, atravessa a Rua do Dr. Vasco Valente até encontrar a Avenida Dr. Antunes Guimarães, percorrendo-a até atravessar a Avenida da Boavista. A Ribeira de Aldoar corre paralela à Avenida da Boavista maioritariamente canalizada. Apenas podemos encontrar um pequeno troço a céu aberto em frente ao parque de estacionamento do Parque da Cidade, que não é de todo bem visível devido à existência de imenso silvado.

**Troço (1)** – É neste troço que se reúnem as águas de todos os troços descritos anteriormente. Como na maioria dos troços este também se encontra totalmente canalizado até desaguar no Oceano Atlântico numa espécie de túnel (Foto 3.11).

### 3.2.4 Ribeira da Asprela

Trata-se de uma ribeira, afluente do Rio Leça, cuja bacia hidrográfica, com cerca de 3.416.201,2m<sup>2</sup>, desenvolve-se na área Norte da cidade do Porto, representando as cabeceiras das linhas de água afluente, as respectivas nascentes da ribeira de Areosa, Outeiro e de Paranhos (Figura 3.5).

Estes três cursos de água desenvolvem-se de Sul para Norte, concentrando-se a Ribeira da Asprela, na envolvente do pólo Universitário, entre o Instituto Superior de Educação Física e o IPATIMUP, onde se encontra actualmente a Linha Amarela do Metro.

#### 3.2.4.1 Ribeira de Areosa

A ribeira de Areosa, correspondente ao troço (4) nasce a Este da A3, nas traseiras da Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto (FEUP). Desde a sua nascente até atravessar a Rua Dr. Roberto Frias a ribeira encontra-se canalizada, nas imediações da



FEUP pode-se verificar que o seu traçado está limitado por um canal em betão com umas tampas em que de vez em quando é possível “espreitar” e ver a água a fluir (Foto 3.12).

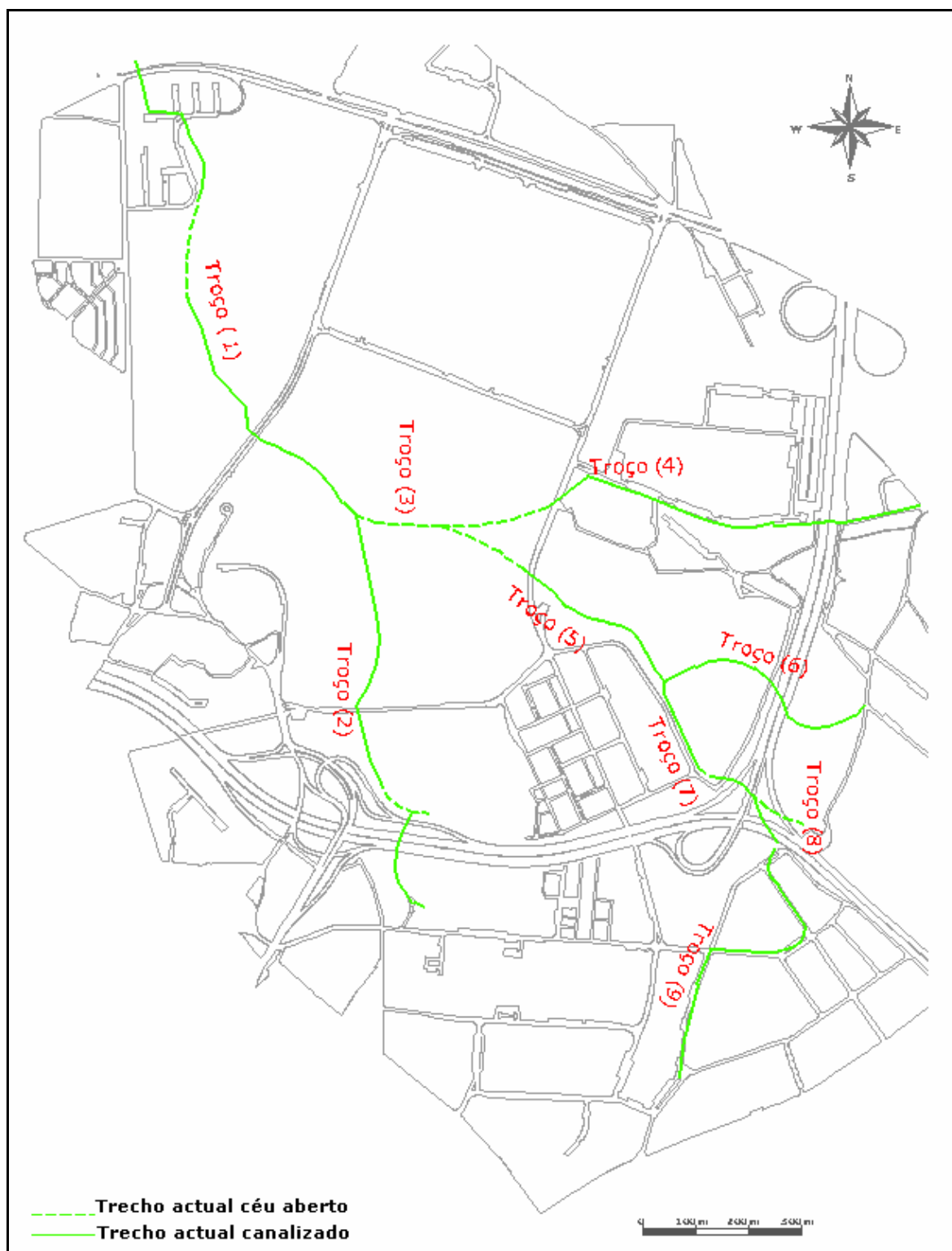


Figura 3.5 – Troços da Ribeira da Asprela.



**Foto 3.12 – Canal em Betão (Troço 4).**



**Foto 3.13 – Ribeira a céu aberto junto à linha do Metro (Troço 4).**

Esta ribeira actualmente drena as águas pluviais da infra – estrutura viária A3, dos acessos e estacionamento da Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto. Da análise do local e pelo mau cheiro presente no percurso da ribeira, torna-se óbvio que o leito deste curso de água foi reduzido à simples função de condutor de águas residuais domésticas.

A Ribeira de Areosa surge apenas a céu aberto, após o atravessamento da Rua Dr. Roberto Frias, já próximo da junção com a Ribeira da Asprela, junto à actual Linha Amarela do Metro (Foto 3.13). No local é visível a presença de vegetação ribeirinha – Salgueiro, Choupo, que traduzem a forte presença de água no solo.

### **3.2.4.2 Ribeira do Outeiro**

A Ribeira do Outeiro, engloba os troços (5), (6), (7), (8) e (9). Este curso de água apresenta na zona de montante dois braços, que afluem na ribeira principal a Nascente/Sul da Faculdade de Economia.

Um desses braços (troço (6)) tem a sua origem numa zona de habitações na Rua Fonte do Outeiro, atravessa canalizada a A3. A poucos metros este curso de água torna-se visível apesar do difícil acesso ao seu leito e à intensa vegetação envolvente (Foto 3.14), juntam-se à ribeira principal já canalizada.



**Foto 3.14 – Troço a céu aberto (Troço 6).**



**Foto 3.15 – Lavadouros públicos (Troço 9).**

O outro braço da Ribeira do Outeiro nasce a Sul da VCI, na Rua Dr. Joaquim Pires de Lima, passa pelas ruas Augusto Lessa e Vitorino Damásio encontrando-se também canalizada ao longo da Rua Luís Woodhouse até se encontrar com um antigo lavadouro (Foto 3.15), atravessando posteriormente o nó rodoviário de articulação da A3 com a VCI. Do outro lado do nó rodoviário, pode-se encontrar outro pequeno troço a céu aberto com muito lixo e vegetação na envolvente do leito da ribeira (Foto 3.16). A partir deste local, o curso de água inflecte para Poente já canalizado, passando junto à Faculdade de Economia.



**Foto 3.16 – Troço a céu aberto com muito lixo (Troço 7).**



Depois da Faculdade de Economia estes dois braços atravessam a Rua do Dr. Roberto Frias e a partir daí a Ribeira do Outeiro apresenta-se a céu aberto, até à confluência com a Ribeira de Areosa.

### 3.2.4.3 Ribeira de Paranhos

Esta linha de água apresenta um percurso com orientação predominante de Sul para Norte, até à confluência com a Ribeira da Asprela. Esta ribeira inicia-se na Praceta de Augusto Lessa próximo da Escola Preparatória de Paranhos, nas proximidades de um lavadouro público (Foto 3.17) que é abastecido com as águas desta ribeira.



Foto 3.17 – Lavadouros públicos (Troço 2).



Foto 3.18 – Troço a céu aberto junto ao IPO (Troço 1).

A partir deste lavadouro a ribeira cruza a VCI e pouco depois é possível ver a ribeira a céu aberto numa extensão muito reduzida, chegando nas proximidades da Faculdade de Medicina Dentária já canalizada.



A concentração destas três ribeiras dá origem à Ribeira da Asprela. Esta linha de água apresenta um caudal significativo.

Devido ao enterramento da linha do Metro o início desta ribeira ficou canalizada prolongando-se até atravessar as instalações do Instituto Superior de Engenharia e da Universidade Portucalense, seguindo para Norte paralelamente à Rua de S. Tomé, nos terrenos que envolvem a parte Poente do Instituto de Oncologia, encontrando-se neste local a céu aberto (Foto 3.18), voltando depois novamente a desaparecer até cruzar a Circunvalação.

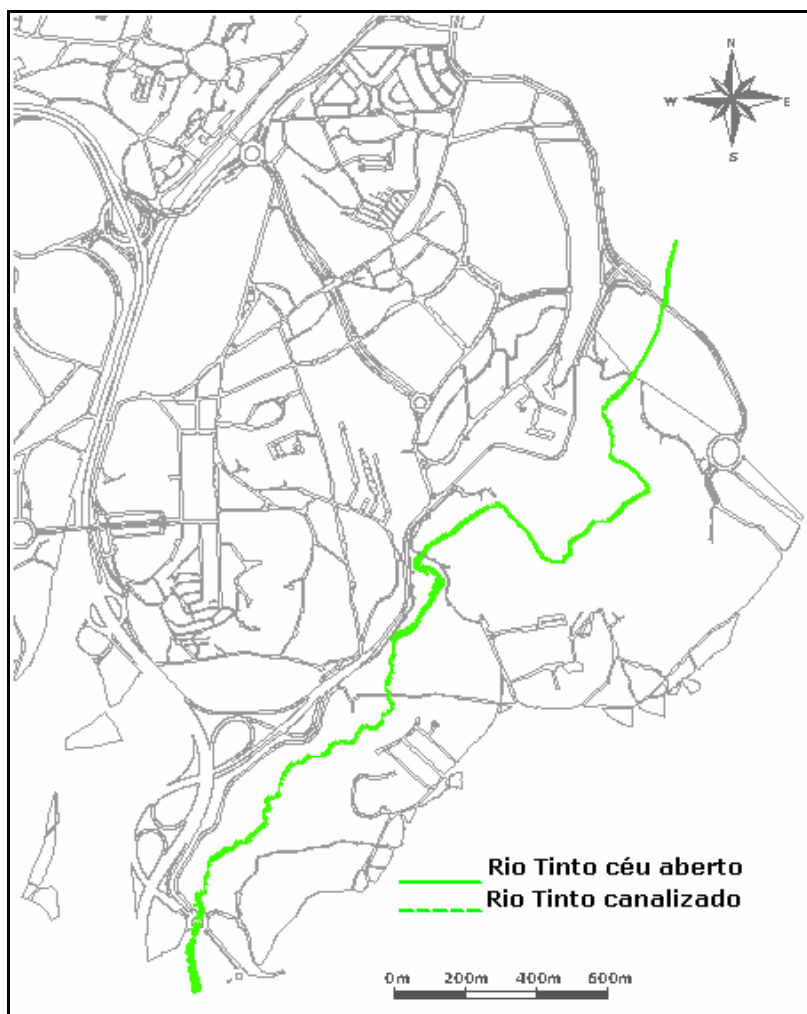
Tanto nas ribeiras de Aldoar e Asprela os pontos de amostragem foram distribuídos pelos vários troços existentes.

### **3.2.5 Rio Tinto**

O rio Tinto e o rio Torto são os únicos afluentes terminais da margem direita do rio Douro, que, segundo a DRARN, contribuem seriamente para a má qualidade da água do troço final do rio Douro (REIS, 2002).

A sua nascente localiza-se a cerca de 200m de altitude no lugar de “Montes da Costa”, na freguesia de Ermesinde, concelho de Valongo. Este rio desenvolve-se ao longo de aproximadamente 11,4Km, no meio de uma paisagem marcada por campos agrícolas e de pastoreio, indo desaguar no Rio Douro, na zona do Freixo, freguesia de Campanhã, concelho do Porto (FEUP, C.M.P, 2006).

A bacia hidrográfica do rio Tinto ocupa cerca de 2200ha dos concelhos de Gondomar, Valongo, Maia e cerca de 34% no concelho do Porto (aproximadamente 7.452.166,3m<sup>2</sup>). Tem como fronteiras a bacia do rio Leça a Norte e a bacia do rio Torto a Oeste. A inclinação do talvelgue do rio é significativa, principalmente na zona das cabeceiras designadas por “Alto da Maia” e “Alto de Valongo”, onde a inclinação atinge os 3%. No concelho de Gondomar verifica-se uma inclinação média de cerca de 1,5% e no concelho do Porto de cerca de 1,1%. A inclinação média do rio desde a nascente até à foz é de 1,6% (FEUP, C.M.P, 2006).



**Figura 3.6 – Percurso do Rio Tinto.**

O presente estudo incide essencialmente sobre o trecho do rio Tinto que se inicia na fronteira entre o concelho de Gondomar e do Porto e vai até à foz, numa extensão aproximada de 3Km. Neste trecho o rio encontra-se parcialmente a céu aberto como podemos ver na figura 3.6, percorre essencialmente campos de cultivo e terrenos com alguma vegetação marginal, apenas a 105m da foz do rio este encontra-se canalizado sob a rotunda do Freixo e sob uns armazéns abandonados. Daí, até à foz (Foto 3.19), encontra-se limitado marginalmente por muros de pedra (Foto 3.20).

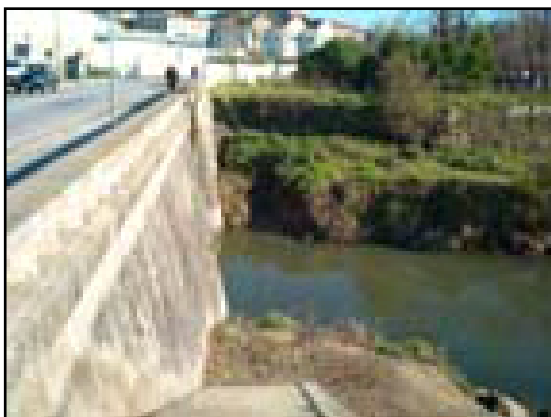


Foto 3.19 – Foz do rio Tinto.

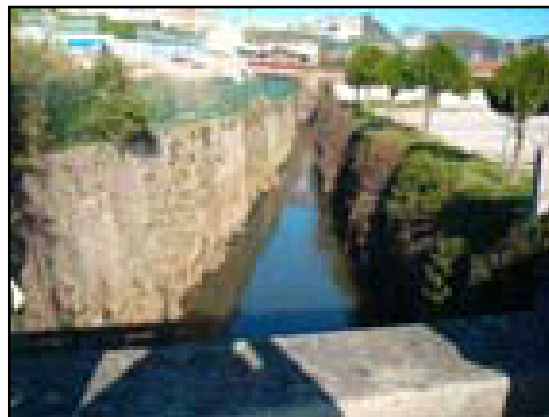


Foto 3.20 – Margens na parte final do rio Tinto.

Ao longo deste traçado observam-se um conjunto de especificidades que são potenciais causadoras de impactes negativos efectivos, com consequências nefastas para a população e para os ecossistemas ribeirinhos que estão envolvidos. A partir da observação no terreno, foi possível verificar:

- A presença de odores nauseabundos,
- O aspecto da água e das respectivas margens do rio não é de todo agradável devido à forte presença de resíduos sólidos,
- Alguns locais próximos das margens servem de depósito de entulho,
- Existem algumas habitações ribeirinhas com ausência de infraestruturas de saneamento básico, ou dispendo destas infraestruturas, drenam directamente para o rio sem qualquer tratamento,
- Existência de afluentes ao rio Tinto com necessidade de reabilitação, nomeadamente a ribeira de Vila Meã, a ribeira de Cartes e a ribeira da Lomba.

Ao longo do traçado do rio Tinto no concelho do Porto foram seleccionados 5 pontos de amostragem, sendo os restantes pertencentes ao concelho de Gondomar. Optou-se por seleccionar dois pontos fora do concelho do Porto para podermos comparar a qualidade da água que entra neste mesmo concelho.

### **3.3. Amostragem, análise física e química e bacteriológica das amostras de águas superficiais**

Para avaliar a qualidade da água foi efectuada a recolha de parâmetros físico-químicos, de amostras bacteriológicas e físico-químicas.

### 3.3.1 – Método de amostragem

As amostras de água para caracterização físico-química e bacteriológica foram recolhidas manualmente, por introdução de um amostrador no canal de escoamento da água (Foto 3.21), de acordo com os procedimentos recomendados, em zonas de água corrente, de modo a assegurar uma mistura homogênea de toda a massa de água no local em estudo.



Foto 3.21 – Amostrador para recolha da amostra.

As amostras foram colhidas em frascos de polietileno de 1 litro (após três passagens com a água a amostrar) previamente lavados com detergente alcalino e enxaguados, sucessivamente, com uma solução de  $\text{HNO}_3$  – 4N e com água desmineralizada. Usaram-se medidas adicionais de preservação das amostras de acordo com as normas propostas pela EPA (United States Environmental Agency, 1982), ASTM (American Society for Testing and Materials, 1984) e pelo Working Party on Stabilization of Samples from the Hydrochemistry Team of the German Chemists Association (1980), assim como a conservação de amostras a uma temperatura de 4 °C.

Foram seleccionados dois períodos de amostragem para a caracterização em cada um dos locais, um no mês de Janeiro e outro em Junho de 2007. Estes períodos foram escolhidos de modo a: (a) representarem o efeito da sazonalidade nos sistemas ribeirinhos; (b) por serem mais favoráveis para se encontrar maior diversidade de impactos (período de Verão implica um aumento da população flutuante devido ao turismo) e (c) por questões de viabilidade analítica (laboratório de análises bacteriológicas).

### **3.3.2 – Determinação do pH, condutividade, temperatura e $\text{HCO}_3$**

Foram efectuadas, imediatamente após a amostragem, a determinação dos parâmetros temperatura, pH e condutividade e bicarbonatos. Os valores foram registados em fichas de inventário efectuadas para o momento da recolha (Anexo C).

O pH foi medido com um aparelho Crison – Hanna (HI 8014) calibrado com soluções padrão com valores de pH 4,0 e 7,2. A determinação da temperatura foi realizada em simultâneo com a determinação de pH, uma vez que o medidor possui uma sonda de temperatura incorporada.

A determinação da condutividade foi executada com um condutímetro Cole – Parmer 1481 – 50 Model) após calibração com uma solução padronizada de KCl a uma temperatura de 25 °C.

A determinação dos bicarbonatos foi efectuada por titulação potenciométrica a pH 4.3 com  $\text{H}_2\text{SO}_4$  0.16N.

### **3.3.3 – Determinação de elementos maiores e vestigiais**

Antes de iniciar a determinação dos elementos maiores e vestigiais, as amostras foram filtradas utilizando filtros Milipore 0,45  $\mu\text{m}$  (Hunt e Wilson, 1986), utilizando para o efeito unidades de filtração Sterifil “Millipore”.

#### **3.3.3.1 – Determinação espectrofotométrica de $\text{NO}_2^-$ , $\text{SiO}_2$ e $\text{NH}_4^+$**

##### ***Determinação dos nitritos ( $\text{NO}_2^-$ )***

Para a determinação da concentração em nitritos utilizamos o espectrofotómetro Spectronic 2000 e o método espectrofotométrico proposto pela EPA-354.1 (1982).

Este método baseia-se na reacção do nitrito com uma amina aromática o que leva a formação de um composto diazo (diatomização em meio ácido da sulfamilamida), posteriormente da ligação a uma segunda amina aromática dá origem a um corante azóico, produzindo uma solução com uma coloração rosa intensa. A quantidade de corante azóico formado é proporcional a concentração inicial do ião nitrito numa larga gama de concentrações. A reacção corada obedece á lei de Lambert-Beer até 1,0 mg/L de  $\text{NO}_2$  a um comprimento de onda de 540 nm.

##### ***Modo operativo***

Após lavagem correcta de todo o material (HCl a 10% e água desmineralizada), e ajuste de pH para 6, caso a amostra tenha um pH superior a 10 (com solução de HCl),

- Pipetar 50 ml da amostra a analisar, para um copo de vidro de 100 ml e adicionar 2 ml da solução-tampão utilizando uma pipeta automática;
- Agitar e deixar desenvolver a cor durante 15 minutos (o pH do meio deverá oscilar entre 1,5 e 2,0).
- Após os 15 minutos de repouso, efectua-se a leitura das amostras no espectrofotómetro equipado com células de 1 cm de percurso óptico para um comprimento de onda de 540 nm. Após a leitura efectua-se a representação gráfica das concentrações de  $\text{NO}_2^-$  versus valores de absorvância obtidos. Para este fim foram utilizados seis padrões, para a construção da recta de calibração:

$\text{NO}_2^-$ (ppm)	Padrões					
	P0	P1	P2	P3	P4	P5
	0.0	0.1	0.2	0.4	0.6	0.8

#### Preparação das soluções e dos reagentes

A preparação da solução tampão foi obtida através da mistura de sulfanilamida ( $\text{NH}_2\text{C}_6\text{H}_4\text{SO}_2\text{NH}_2$ ) com ácido clorídrico concentrado e acetato de sódio ( $\text{CH}_3\text{COONa} \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ ), diluída com água desmineralizada (Patinha, 1996).

A Solução Padrão de Nitritos ( $1,0 \text{ ml} = 1,0 \text{ mg NO}_2^-$ ) foi obtida a partir de nitrito de sódio dissolvido em água desmineralizada (Patinha, 1996).

#### **Determinação da sílica ( $\text{SiO}_2$ )**

Para a determinação da concentração em sílica foram utilizados o espectrofotómetro Spectronic 2000 e o método espectrofotométrico proposto pela EPA-370.1.

Este método determina a concentração da sílica dissolvida em amostras previamente filtradas utilizando filtros de  $0,45 \mu\text{m}$ . O método baseia-se na formação dos ácidos molibdo-silícicos amarelo-esverdeados, resultantes da reacção em ácido, entre a sílica e o molibdénio. Posteriormente o ácido molibdo-silícico é reduzido a um complexo silicomolibdico pela adição do ácido 1-amino-2-naftol-4-sulfónico. A intensidade da cor é directamente proporcional à concentração de sílica dissolvida.

#### Modo Operatório

- Pipetar 50 ml da amostra de água, para um recipiente de plástico de 250 ml aproximadamente;
- Adicionar 1 ml de HCl (1 + 1) e 2 ml de molibdato de amónio, agitar a solução, aguardar;
- Posteriormente adicionar 1,5 ml de ácido oxálico e agitar novamente;

- Após 2 minutos da adição, adicionar 2 ml do reagente redutor, agitar a solução e esperar 5 minutos;
- Efectuar a leitura para um comprimento de onda de 815 nm.

### Preparação das Soluções e dos Reagentes

- **Ácido Clorídrico** HCl (1+1): diluir 50 ml de HCl concentrado, em água desmineralizada;
- **Reagente de Molibdato de Amónio**: dissolução de Heptamolibdato de amónio tetra hidratado ((NH<sub>4</sub>)M<sub>0</sub><sub>7</sub>O<sub>24</sub>4H<sub>2</sub>O) em água desmineralizada (Patinha, 1996);
- **Ácido Oxálico**: diluir 10 gr de ácido oxálico (H<sub>2</sub>C<sub>2</sub>O<sub>4</sub>2H<sub>2</sub>O) em água desmineralizada e completar perfazendo um volume de 100 ml, em seguida armazenar a solução num frasco de plástico.
- **Agente Redutor**: dissolver 500 mg de ácido 1-amino-2-naftol-4-sulfónico e 1 gr de Na<sub>2</sub>SO<sub>3</sub> em 50 ml de água desmineralizada. Dissolver 30 gr de hidrogenosulfito de sódio (NaHSO<sub>3</sub>) em 150 ml de água desmineralizada. Adicionar as duas soluções no mesmo recipiente, em seguida filtrar a solução obtida para um frasco de poletileno. Guardar a solução final num local fresco e protegido da luz (Patinha, 1996).

### Gama de Padrões

Para a elaboração da gama de padrões utilizou-se uma solução de 1000 ppm (Solução Spectrosol BDH). Para a construção da recta de calibração foram utilizados uma gama de 7 padrões. Os padrões foram sujeitos ao mesmo procedimento que as amostras antes de se efectuar as leituras.

SiO <sub>2</sub> (ppm)	Padrões						
	P0	P1	P2	P3	P4	P5	P6
	0.0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	10

### **Determinação do amónio (NH<sub>4</sub><sup>+</sup>)**

O método baseia-se na técnica colorimétrica proposta por Solorzano (Hall e Lucas, 1981), utilizando a formação do azul indofenol a partir da reacção entre o amónio e o indofenol em solução alcalina, o método utiliza o hipoclorito como oxidante, o nitroprussiato como catalisador e o citrato como agente de ligação de metais.

### Modo Operatório

- Pipetar 70 ml da amostra a analisar, para frascos de vidro com capacidade de 100 ml;

- Adicionar: 2 ml da solução de citrato de sódio, 2 ml da solução de fenol/nitroprussiato e 2 ml da solução de hipoclorito;
- Guardar os frascos com as amostras num local fresco e protegidos da luz, num período de 24 horas;
- Efectuar a leitura das amostras utilizando o Espectrofótopmetro constituído por duas células com 1 cm de percurso óptico. Durante as leituras deve-se passar a célula do espectrofótopmetro uma a duas vezes com a solução a analisar antes de se efectuar cada leitura. As leituras devem ser feitas utilizando um comprimento de onda de 640 nm.

#### Preparação das soluções e dos Reagentes

- *Soluções 0,02 mol/dm<sup>3</sup> NaOH contendo 480 g/l de citrato de sódio hidratado:* pesar 0,7999 gr de hidróxido de sódio (NaOH) e dissolver em água desmineralizada. Adicionar à solução obtida 480 gr de tri-citrato de sódio hidratado (Na<sub>3</sub>C<sub>6</sub>H<sub>5</sub>O<sub>7</sub> · 2H<sub>2</sub>O). Dissolver e completar a 1 litro com água desmineralizada.
- *Solução Fenol/Nitroprussiato de dissódico:* pesar 38 gr de fenol (C<sub>6</sub>H<sub>5</sub>OH) e 400 mg de nitroprussiato de sódio (Na<sub>2</sub>[Fe(CN)<sub>5</sub>NO] · 2H<sub>2</sub>O). Dissolver em água desmineralizada e completar até perfazer um litro. A solução deve ser guardada num local fresco e protegido da luz.
- *Solução de Hipoclorito de sódio em 0,5 mol/dm<sup>3</sup> NaOH com 0,15 % de cloro livre:* efectuar uma titulação da solução de hipoclorito de sódio utilizando uma solução padrão de tiosulfato. A preparação da solução foi efectuada a partir de uma solução de hipoclorito de sódio, cujo título deve ser 7 % ± 2 % (m/m).
- *Solução-Padrão de NH<sub>4</sub> (1 ml-1 mg N-NH<sub>4</sub>):* secar 3 gr de cloreto de amónio (ClNH<sub>4</sub>) a 100 °C durante uma hora. Pesar rigorosamente 2,9665 gr de ClNH<sub>4</sub>, dissolver em água desmineralizada, transferir para um balão volumétrico de 1 litro e perfazer o seu volume. Adicionar 1 ml de clorofórmio como conservante. Esta solução contém 1000 ppm e é estável pelo menos durante um mês se for guardada num frasco de vidro escuro e num local fresco.

#### Gama de Padrões

A gama de padrões utilizados para a construção da recta de calibração foi a seguinte:

NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> (ppm)	Padrões					
	P0	P1	P2	P3	P4	P5
	0.0	0.2	0.4	0.6	0.8	10



### 3.3.3.2 – Determinação de $\text{Cl}^-$ , $\text{NO}_3^-$ e $\text{SO}_4^{2-}$ por cromatografia iónica.

A determinação dos aniões,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$  foi efectuada utilizando um método de análise instrumental, a Cromatografia Iónica (IC – Ion Chromatography), técnica que a seguir se descreve, mais em pormenor. As determinações foram efectuadas no Laboratório de Hidroquímica do Departamento de geociências da Universidade de Aveiro.

O termo “Ion Chromatography” foi introduzido em 1975 por Small, Stevens and Bauman para descrever um sistema de cromatografia de alta pressão na qual eram usadas colunas de troca iónica, colunas supressoras e um detector para a determinação dos aniões e catiões em meio aquoso.

Um dos factores que mais contribuiu para o crescente sucesso, foi a introdução por Stevens et al. (1981) de um novo processo de atenuação da condutividade do eluente (condutividade de fundo), eliminando a necessidade de colunas supressoras com a inconveniente regeneração das resinas.

À medida que a tecnologia iónica é melhorada, torna-se possível analisar amostras com maior complexidade. A Cromatografia Iónica é bastante rápida para a maioria dos casos. Isto significa que podem ser manuseadas maiores quantidades de amostras do que seria possível com métodos analíticos mais antigos (mais lentos). Isto é especialmente verdade no que diz respeito à determinação de vários aniões, onde a cromatografia iónica tem a capacidade de medir concentrações mais baixas de iões. A análise bem sucedida de análises reais requer um pensamento cuidadoso da forma como se efectua o tratamento que precede o passo cromatográfico. Por exemplo, o solvente usado para dissolver uma amostra sólida deve ser compatível com o método cromatográfico a ser usado. Pode ser necessário reduzir a acidez da amostra por volatilização, diluição ou por neutralização parcial. Em alguns casos a amostra pode ser neutralizada passando-a por uma coluna de pré-tratamento, que contém uma resina de troca iónica de alta capacidade. Por vezes, a concentração da amostra tem que ser reduzida por diluição. Por outro lado, uma amostra muito diluída, como amostras de algumas águas, podem necessitar de uma concentração de modo a colocar os iões a analisar dentro da gama de padrões aceitável. Amostras complexas ou sujas podem necessitar de um pré-tratamento. Assim, as amostras líquidas podem requerer que sejam filtradas ou centrifugadas antes da análise cromatográfica.

#### ***Princípio do método para a determinação dos aniões ( $\text{Cl}^-$ , $\text{NO}_3^-$ , $\text{SO}_4^{2-}$ )***

Esquemáticamente, o sistema cromatográfico é constituído, segundo Gjerd (1987) e Dionex (1987), por:

**a) Bomba:** Leva o eluente ao sistema cromatográfico. O fluxo oscila geralmente entre os 1.0 e 2.0 ml/min dependendo, no entanto, das dimensões e características da coluna. Suporta pressões até valores da ordem dos 4000 psi.

**b) Eluente ou fase móvel:** Líquido que é bombeado através da coluna. O eluente utilizado em Cromatografia Iónica deve ter as seguintes características: 1) Produzir, após o processo de supressão, espécies de baixa condutividade; 2). A sua afinidade para a fase estacionária deve ser adequada em relação ao ião a analisar. Numa operação cromatográfica, um volume de fase móvel, contendo as espécies a separar, é injectado na fase móvel circulante e transportado para dentro da coluna, onde a separação se inicia.

**c) Válvula de injeção:** Injecta a amostra contida na seringa que é colocada na abertura destinada ao seu encaixe (que geralmente é de 50 µl ou 100 µl).

**d) Coluna de separação:** As resinas usadas em Cromatografia Iónica funcionam como uma carga fixa e um contra – ião associado. Durante o processo cromatográfico, troca-se o ião da amostra e o contra-ião associado durante um certo período de tempo. Dada a variação das afinidades para a fase estacionária dos diferentes iões presentes na amostra, a sua separação torna-se possível. O coeficiente de selectividade que caracteriza o processo de troca pode ser definido por:

$$K = \frac{[X^-]_e [C_i]_m}{[X^-]_m [C_i]_e}$$

onde:  $[X^-]_m$  – concentração do ião na amostra na fase móvel;  $[X^-]_e$  – concentração do ião na amostra na fase estacionária;  $[C_i]_m$  – concentração do contra-ião na amostra na fase móvel;  $[C_i]_e$  – concentração do contra-ião na amostra na fase estacionária

**e) Coluna supressora:** Qualquer resina de troca iónica, fortemente acidificada ou básica consoante se trata de análise de aniões ou catiões respectivamente pode ser usada na coluna supressora desde que acumule com eficiência os catiões ou aniões do respectivo eluente e que não afecte as separações até então conseguidas na coluna separadora. Após a separação dos aniões por troca aniónica, a fase móvel passa por um sistema de supressão constituído por uma membrana de troca catiónica na forma de  $H^+$ .

O eluente é neutralizado e a sua condutividade reduzida, o que permite uma detecção condutivimétrica dos aniões da espécie a analisar num eluente de baixa condutividade de fundo. Este processo de regeneração da membrana é efectuado simultaneamente

recorrendo à circulação em sentido contrário ao do eluente, duma solução regeneradora (regenerador), neste caso de um ácido forte.

Da mesma maneira, após a separação dos cátions por troca catiónica, a fase móvel passa por um sistema de supressão constituído por uma membrana de troca aniónica na forma de  $\text{OH}^-$ . O eluente é neutralizado e a sua condutividade reduzida, o que permite uma detecção condutivimétrica dos cátions da espécie a analisar num eluente de baixa condutividade de fundo. Este processo de regeneração da membrana é efectuado simultaneamente recorrendo à circulação em sentido contrário ao do eluente, duma solução regeneradora (regenerador), neste caso de uma base forte.

**f) Célula de condutividade:** Esta célula é de dimensões bastante reduzidas e a ela está associado um detector de condutividade. Controla continuamente a condutividade do eluente. Este aparelho compatível com o detector, oferece uma conversão automática e precisa do sinal sob a forma numérica. Permite a obtenção de um registo com as correspondentes alturas dos picos (ou áreas dos picos), assim como os respectivos tempos de retenção. A figura 3.7 representa esquematicamente o cromatógrafo líquido.

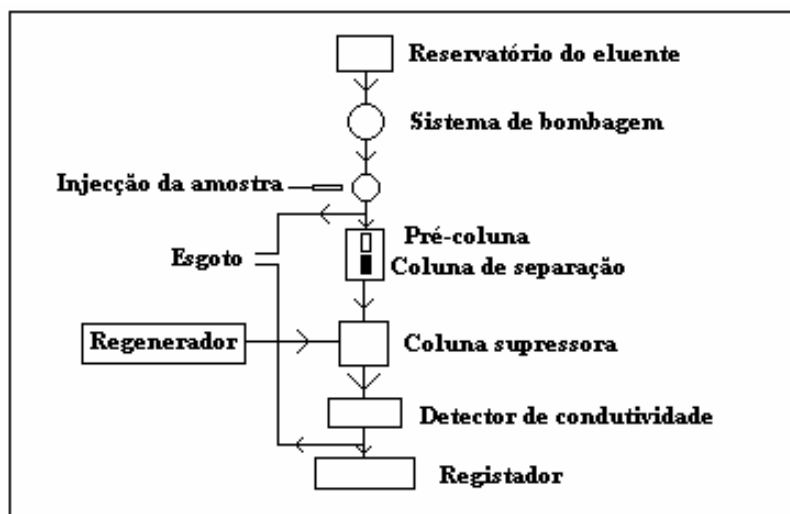


Figura 3.7 – Esquema de um Cromatógrafo líquido (adaptado de Patinha, 1996).

A figura 3.8 apresenta as características do sistema cromatográfico e as condições experimentais usadas na determinação dos aniões.

### Reagentes

Eluente –  $\text{NaHCO}_3$  –  $2.8 \text{ mmol/dm}^3$  /  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  –  $2.25 \text{ mmol/dm}^3$ : dissolver 0.4704 g de bicarbonato de sódio ( $0.0028 \text{ M NaHCO}_3$ ) e 0.4770 g de carbonato de sódio ( $0.00225 \text{ M Na}_2\text{CO}_3$ ) em água desmineralizada e diluir para dois litros.

Solução regeneradora do supressor ( $\text{H}_2\text{SO}_4$  25 mN): diluir 1.4 ml de  $\text{H}_2\text{SO}_4$  36 N num balão de dois litros.

### Gama de padrões

Solução padrão de Cloreto: Dissolver 1.6484 g de NaCl em água desmineralizada e diluir para 1 litro de água. Obtém-se a solução padrão 1000 ppm em  $\text{Cl}^-$ .

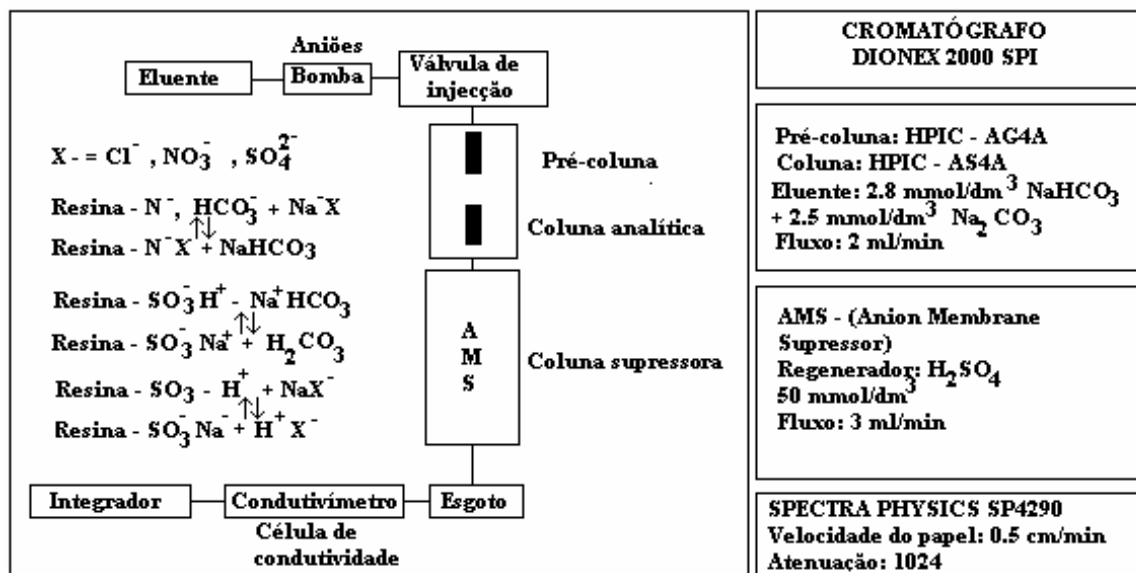


Figura 3.8 – Características do sistema cromatográfico (adaptado de Patinha, 1996).

Solução padrão de Nitrato: Secar aproximadamente 3 g de nitrato de sódio a uma temperatura de cerca de  $100^\circ\text{C}$  e arrefecer num excicador. Dissolver 1.3708 g de  $\text{NaNO}_3$  em água desmineralizada e diluir para 1 litro de água. Obtém-se a solução padrão 1000 ppm em  $\text{NO}_3^-$ .

Solução padrão de Sulfato: Dissolver 1.4787 g de  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  em água desmineralizada e diluir para 1 litro de água. Obtém-se a solução padrão 1000 ppm em  $\text{SO}_4^{2-}$ .

A partir das soluções padrões 1000 ppm em Cloreto, Nitrato e Sulfato fazer as soluções intermédias 100 ppm dos respectivos aniões.

O Quadro 3.2 apresenta a gama de padrões seleccionados para a construção da recta de calibração.

**Quadro 3.2 – Gama de padrões utilizados para a construção da recta de calibração.**

Padrão	Solução	Volume	Cl <sup>-</sup>		NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>		SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	
			ppm	ml	ppm	ml	ppm	ml
P <sub>0</sub>	100 ppm	100 ml	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
P <sub>1</sub>	100 ppm	100 ml	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0
P <sub>2</sub>	100 ppm	100 ml	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0
P <sub>3</sub>	1000 ppm	100 ml	10.0	1.0	10.0	1.0	10.0	1.0
P <sub>4</sub>	1000 ppm	100 ml	15.0	1.5	20.0	2.0	20.0	2.0
P <sub>5</sub>	1000 ppm	100 ml	20.0	2.0	50.0	5.0	50.0	5.0

Construíram-se rectas de calibração (área dos picos versus concentração dos padrões) com a finalidade de se determinar a concentração destes três aniões nas amostras de água.

### 3.3.3.3 – Determinação de elementos vestigiais por ICP-MS

A determinação das concentrações de Ag, Al, As, Au, B, Ba, Be, Bi, Br, Ca, Cd, Ce, Co, Cr, Cs, Cu, Dy, Er, Eu, Fe, Ga, Gd, Ge, Hf, Hg, Ho, In, Ir, K, La, Li, Lu, Mg, Mn, Mo, Na, Nb, Nd, Ni, Os, P, Pb, Pd, Pr, Pt, Rb, Re, Rh, Ru, S, Sb, Sc, Se, Si, Sm, Sn, Sr, Ta, Tb, Te, Th, Ti, Tl, Tm, U, V, W, Y, Yb, Zn e Zr foi efectuada no laboratório canadiano creditado ACME (Analytical Laboratories Ltd – ACME – ISSO 9002 Accredited Co). O método instrumental utilizado na análise foi ICP-MS. No Quadro 3.3 apresentam-se os limites de detecção para os vários elementos químicos.

**Quadro 3.3 – Limites de detecção do método analítico (ICP-MS) utilizado na análise das amostras de águas de superfície.**

Elemento	ICP – MS Standard	Elemento	ICP – MS Standard	Elemento	ICP – MS Standard	Elemento	ICP – MS Standard
Ag	0.05 ppb	Eu	0.01 ppb	Na	50 ppb	Si	1 ppb
Al	1 ppb	Fe	10 ppb	Nb	0.01 ppb	Sm	0.05 ppb
As	0.5 ppb	Ga	0.05 ppb	Nd	0.01 ppb	Sn	0.05 ppb
Au	0.05 ppb	Gd	0.01 ppb	Ni	0.2 ppb	Sr	0.01 ppb
B	20 ppb	Ge	0.05 ppb	Os	0.05 ppb	Ta	0.05 ppb
Ba	0.05 ppb	Hf	0.02 ppb	P	20 ppb	Tb	0.01 ppb
Be	0.05 ppb	Hg	0.1 ppb	Pb	0.1 ppb	Te	0.05 ppb
Bi	0.05 ppb	Ho	0.01 ppb	Pd	0.2 ppb	Th	0.05 ppb
Ca	50 ppb	I	1 ppb	Pr	0.01 ppb	Ti	10 ppb
Cd	0.05 ppb	In	0.01 ppb	Pt	0.01 ppb	Tl	0.01 ppb
Ce	0.01 ppb	Ir	0.05 ppb	Rb	0.01 ppb	Tm	0.01 ppb
Cl	1 ppm	K	50 ppb	Re	0.01 ppb	U	0.02 ppb
Co	0.02 ppb	La	0.01 ppb	Rh	0.01 ppb	V	1 ppb
Cr	0.5 ppb	Li	1 ppb	Ru	0.05 ppb	W	0.1 ppb
Cs	0.01 ppb	Lu	0.01 ppb	S	1 ppm	Y	0.01 ppb
Cu	0.1 ppb	Mg	50 ppb	Sb	0.05ppb	Yb	0.01 ppb
Dy	0.01 ppb	Mn	0.05 ppm	Sc	0.05 ppb	Zn	0.5 ppb
Er	0.01 ppb	Mo	0.1 ppb	Se	0.5 ppb	Zr	0.5 ppb

No Anexo C apresentam-se os resultados das análises efectuadas nas amostras de águas superficiais e para os elementos seleccionados para este estudo.

### 3.3.3.4 – Análises Bacteriológicas

A contaminação fecal é um factor importante na avaliação da qualidade da água e dos riscos para a saúde humana (IRAR, 2006). A presença em amostras de água de *Escherichia coli*, que normalmente habita no intestino do homem e de outros animais de sangue quente, evidencia contaminação fecal.

As bactérias do grupo coliformes são utilizadas como parâmetros bacteriológicos básicos, na definição de padrões para avaliação da qualidade das águas, destinadas ao consumo humano, bem como, para caracterização e avaliação da qualidade das águas em geral.

Os coliformes totais são definidos como gram-negativos, aeróbios ou anaeróbios facultativos, não formadores de esporos, oxidases-negativos, capazes de crescer na presença de sais biliares ou agentes tensioactivos (como lauril sulfato de sódio) e de fermentar a lactose a 35-37°C, com produção de ácido, gás e aldeído, em 24/48 horas.

Os coliformes termotolerantes anteriormente denominados de coliformes fecais, são um subgrupo de coliformes totais que tem a propriedade de se desenvolver a 44,5°C fermentando a lactose, com produção de gás em 24 horas.

Para determinação dos coliformes fecais o laboratório da Águas do Porto, E.M. utilizou o método de filtração por membrana.

Este método é baseado na inoculação da amostra em meios de cultura específicos para o desenvolvimento dos microorganismos do grupo coliforme. Após o desenvolvimento de colónias confirma-se a presença dos coliformes e o resultado é expresso em presença ou ausência. Inicialmente é efectuada a retenção dos possíveis microorganismos presentes na amostra, através da filtração de 100 ml de amostra em uma membrana filtrante específica.

A membrana é colocada em uma placa de Petry contendo meios de cultura específicos (meio enriquecido em lactose) para coliformes totais e termotolerantes. Os coliformes totais são inoculados em estufa a 35°C por 24 horas, enquanto os termotolerantes são inoculados em banho-maria a  $44.5 \pm 0.2^\circ\text{C}$  por um período de 24 horas. As análises bacteriológicas foram realizadas no Laboratório das Águas do Porto, E.M.). A determinação foi efectuada de acordo com protocolo definido em “*Standard Methods – 9222 D Fecal Coliform Membrane Filter Procedure*”.

### 3.4 Classificação das águas

#### 3.4.1 Caracterização hidroquímica

A representação da análise química de uma água pode ser feita recorrendo a diversas representações gráficas (Lafuente, 1969; Sanders, 1988; Fetter, 2001).

Os diagramas de Piper e Stiff, possibilitam uma visão de conjunto da composição da água e fornece indicações das fácies hidroquímicas, podendo através da observação destes e em comparação com o tipo de fácies hidroquímicas característica de cada região, tirar conclusões relativamente à presença de possíveis contaminações (Vieira, 2005).

O diagrama de Piper é um diagrama trilinear onde são projectadas as concentrações em percentagem de mili-equivalentes por litro (meq/L), dos principais aniões e catiões (Figura 3.9).

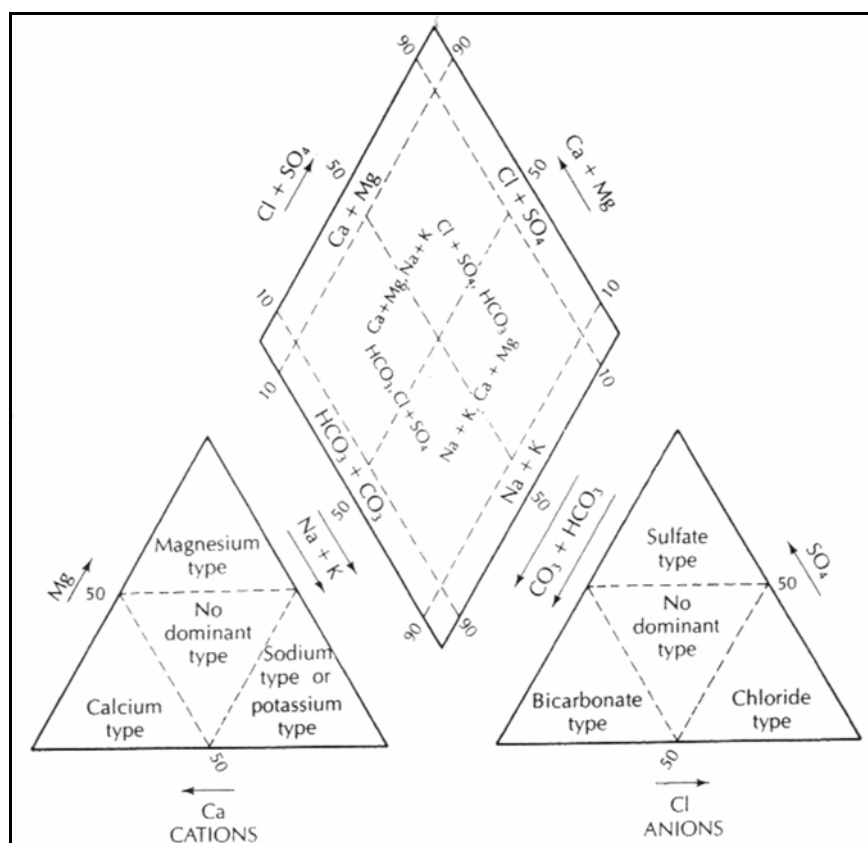


Figura 3.9 – Diagrama de Piper e respectivas fácies hidroquímicas (Fetter, 2001).

De acordo com a figura 3.13 podemos classificar as fácies hidroquímicas de uma água das várias designações; podendo saber-se directamente se uma água tem uma mistura

de dois ou mais componentes. É possível, igualmente, determinar se uma água é derivada de outra por adição de um determinado constituinte.

O segundo tipo de representação gráfica é o Diagrama de Stiff, no qual se projectam em quatro eixos horizontais paralelos, quatro catiões (Na+K, Ca, Mg e Fe) para a esquerda do zero e quatro aniões (Cl, HCO<sub>3</sub>, SO<sub>4</sub> e CO<sub>3</sub>) para a direita do zero. As concentrações dos iões referidos são igualmente implementadas em percentagem de mili-equivalentes, assumindo a projecção de uma figura fechada de forma poligonal (Figura 3.10). O diagrama de Stiff é muito útil para comparar diversos tipos de águas, especialmente muito mineralizadas e é um gráfico ideal para representar a análise química de uma água em mapas.

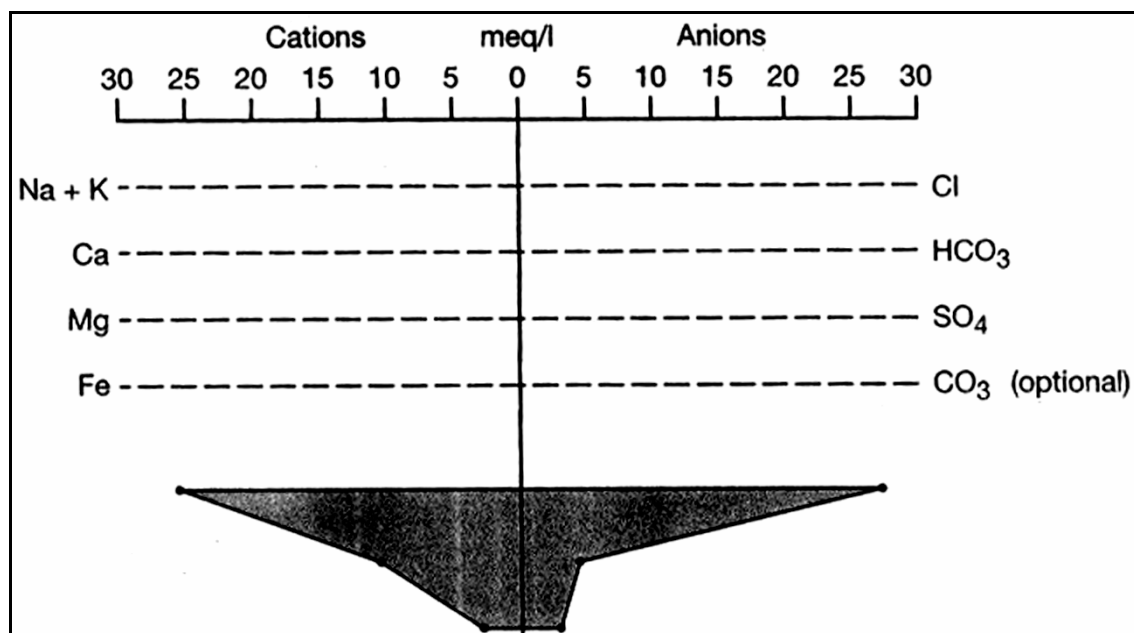


Figura 3.10 – Diagrama de Stiff (Sanders, 1988).

Como em alguns cursos de água que estudamos, as suas margens são utilizadas para a prática da agricultura, podemos também utilizar o Diagrama de Riverside que é muito utilizado para classificar as águas para rega (Figura 3.11). Neste gráfico as variáveis utilizadas são a condutividade eléctrica, expressa em  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , e a taxa de adsorção de sódio (TAS), determinada através da seguinte expressão:

$$\text{TAS} = \frac{\text{Na}^+}{[(\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+})/2]^{1/2}}$$

representando-se as concentrações de Na, Ca e Mg, em meq/L.



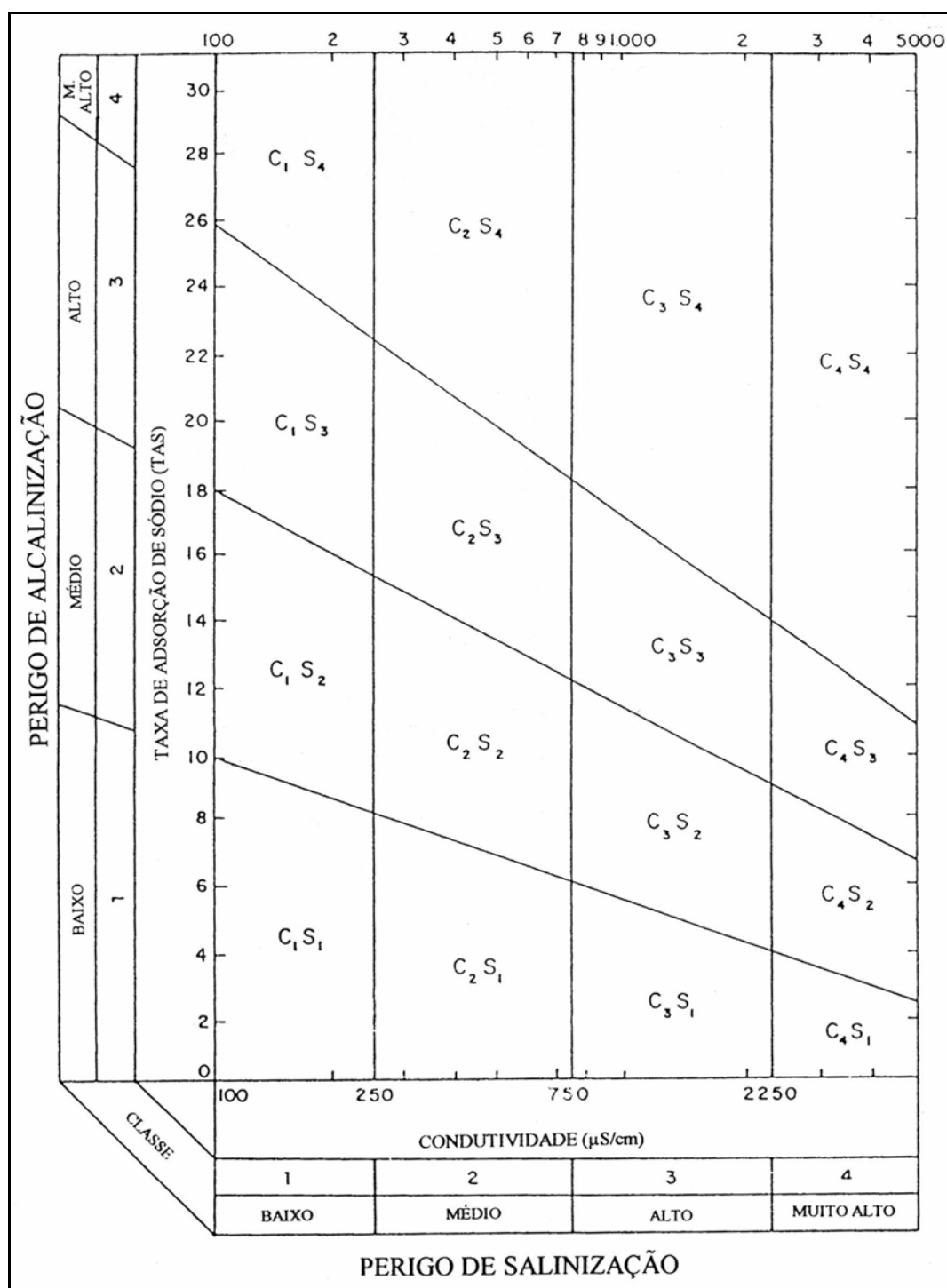


Figura 3.11 – Diagrama de Riverside (adaptado de Pedrosa, 1999).

## **CAPÍTULO 4**

### **Caracterização físico-química e bacteriológica**

### **4.1 Introdução**

Neste capítulo faz-se uma análise dos resultados obtidos com o objectivo de estabelecer uma caracterização físico – química e bacteriológica das ribeiras e rio estudados.

De forma a facilitar a interpretação dos resultados, eles vão ser apresentados por parâmetros, para as diferentes bacias estudadas.

### **4.2 Caracterização físico-química e bacteriológica das ribeiras em estudo**

Os resultados das análises dos parâmetros físico-químicos e bacteriológicos da água das ribeiras de Aldoar, Nevogilde, Ervilheira, Asprela e do rio Tinto; determinados no local e em laboratório, são apresentados nos quadros e no Anexo C juntamente com os valores obtidos em campo indicados na ficha de inventário.

No geral observou-se que as amostras de água colhidas nas diferentes ribeiras apresentavam-se muito turvas e com odor muito desagradável (esgoto). Nos cursos de água estudados em que os pontos de amostragem se encontram a céu aberto, maioritariamente no rio Tinto, observou-se uma forte presença de resíduos sólidos acumulados no leito e margens do rio.

Apresentam-se de seguida os resultados das amostras realizadas por bacias. Realizaram-se no total, duas séries de amostragens tendo apenas entre elas um ponto em comum para cada curso de água.

#### **4.2.1 Ribeira de Aldoar**

##### **4.2.1.1 Parâmetros físico-químicos**

Da análise do Quadro 4.1 verifica-se que os valores da temperatura da água registados nos diferentes locais de amostragem variaram de 13,6 a 16,3°C e estão em conformidade com o Anexo XXI do Decreto – Lei 236/98, relativo aos objectivos de qualidade mínima para águas superficiais (VMA de 30°C).

O ponto de amostragem ALD1.6 apresentou uma temperatura ligeiramente inferior comparativamente aos restantes pontos da mesma campanha, devido ao ensombramento promovido pela galeria ripícola.

O ponto de amostragem ALD2.4 apresentou uma temperatura mais elevada uma vez que a amostragem decorreu em Junho (período substancialmente mais quente que o da primeira amostragem).

## CAPÍTULO 4 – CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA E BACTERIOLÓGICA

**Quadro 4.1 – Valores de temperatura, pH e condutividade obtidos para a ribeira de Aldoar (ALD).**

Referência	Data Amostragem	Classificação	Temperatura	pH	Condutividade
			(°C)		( $\mu\text{S}/\text{cm}$ )
ALD1.8	25-1-07	Nascente 1	16,3	7,5	913
ALD1.7	25-1-07	Nascente 2	15,8	7,0	548
ALD 1.4	25-1-07	Intersecção 1-2	15,6	7,4	567
ALD 1.5	25-1-07	Nascente 3	15,3	7,4	600
ALD 1.6	25-1-07	Nascente 4	13,6	7,1	637
ALD 1.3	25-1-07	Intersecção 1-2; 3-4	14,6	7,3	518
ALD 1.2	25-1-07	Nascente 5	16,2	7,1	460
ALD 1.1	25-1-07	Foz	14,8	7,0	530
ALD 2.4	11-6-07	Foz	18,8	6,8	698

A análise do Quadro 4.1 permitiu constatar que os valores de pH registados nos diferentes locais de amostragem variaram entre 7,0 e 7,5, conferindo às águas um carácter neutro. Os valores mais elevados foram obtidos nos pontos mais afastados da foz. Os valores enquadram-se dentro dos limites legais para águas superficiais (5 <pH> 9).

A comparação dos valores registados no ponto de amostragem junto à foz (ALD1) para os dois períodos de amostragem permite concluir que houve uma redução ligeira do valor de pH da água. Este valor apesar de ser inferior ao valor registado na primeira campanha ainda se encontra dentro dos valores máximos admissíveis (VMA 6-9) para a qualidade de águas balneares (Decreto – Lei 236/98 Anexo XV).

Em relação ao parâmetro condutividade verifica-se algumas oscilações nos valores registados ao longo do período de amostragem. O local de amostragem que apresenta maior condutividade (913  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ), muito próximo do valor máximo admissível, localiza-se nas proximidades de um aglomerado populacional que utiliza o aqueduto de águas pluviais como colector de águas residuais domésticas. Por outro lado os valores registados podem também corresponder a uma eventual descarga de águas residuais industriais, a montante do ponto de amostragem.

Os restantes valores são muito inferiores ao valor limite (1000  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ) para a qualidade das águas doces superficiais destinadas à produção de água para consumo humano.

### 4.2.1.2 Parâmetros químicos

O Quadro 4.2 apresenta os resultados das concentrações de  $\text{HCO}_3$ ,  $\text{Cl}$ ,  $\text{NO}_3$ ,  $\text{SO}_4$  e  $\text{NO}_2$  relativos às amostras da ribeira de Aldoar (ALD).

**Quadro 4.2 – Concentrações de  $\text{HCO}_3^-$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$  e  $\text{NO}_2^-$  nas amostras de água da ribeira de Aldoar (ALD).**

Referência	Data Amostragem	Classificação	$\text{HCO}_3$ mg/l	$\text{Cl}$ mg/l	$\text{NO}_3$ mg/l	$\text{SO}_4$ mg/l	$\text{NO}_2$ $\mu\text{g/l}$
ALD1.8	25-1-07	Nascente 1	493	85	7	62	1100
ALD1.7	25-1-07	Nascente 2	256	38	39	39	800
ALD 1.4	25-1-07	Intersecção 1-2	197	49	29	50	4600
ALD 1.5	25-1-07	Nascente 3	247	39	10	39	1500
ALD 1.6	25-1-07	Nascente 4	99	58	71	44	2700
ALD 1.3	25-1-07	Intersecção 1-2; 3-4	177	37	17	52	3200
ALD 1.2	25-1-07	Nascente 5	108	35	37	53	900
ALD 1.1	25-1-07	Foz	30	49	34	55	1200
ALD 2.4	11-6-07	Foz	217	85	25	41	682

Os resultados obtidos para os bicarbonatos (Quadro 4.2), permitem constatar que os valores são muito variáveis ao longo de toda a ribeira de Aldoar. O valor mais elevado corresponde ao ponto ALD1.8, que se localiza perto de um grande aglomerado populacional. Da comparação dos valores correspondente ao ponto mais próximo da foz (ALD1.1 e ALD2.4) verifica-se que, para os dois períodos de amostragem, os valores registados na 2ª campanha de amostragem são significativamente mais elevados.

Da análise do Quadro 4.2 podemos também verificar que as amostras de água da ribeira de Aldoar apresentam concentrações em cloretos que variam entre 35 e 85 mg/l e que estes encontram-se dentro do limite estabelecidos de qualidade mínima para as águas superficiais (250 mg/l - Decreto-Lei 236/98, Anexo XXI). No entanto, considerando o limite imposto para rega pelo DL 236/98 (70 mg/l), os pontos ALD1.8 e ALD2.4 excedem este limite (85 mg/l). Considerando que estes pontos não se encontram nas imediações de campos agrícolas não será muito preocupante.

Relativamente aos nitratos constata-se que as amostras apresentam concentrações dentro dos limites legais para águas destinadas à rega (VMR 50 mg/l) com excepção do ponto ALD1.6 que excede esse valor (70 mg/l). Este ponto situa-se nas imediações de um bairro social (Bairro de Aldoar) podendo estar a receber os esgotos das habitações localizadas nas proximidades. Embora não se encontrem campos de cultivo nas imediações estas concentrações elevadas poderão afectar a produção e a qualidade das culturas mais sensíveis. Este valor (70 mg/l) chega mesmo a ultrapassar o limite imposto pelo Decreto-Lei 236/98 do Anexo XVIII, relativo aos valores limites de emissão na descarga de águas residuais (50 mg/l).

Relativamente aos valores de sulfatos podemos concluir que todos os valores são inferiores aos estabelecidos pela legislação em vigor, tanto para qualidade da água destinada a rega (Anexo XVI, valor recomendado 575 mg/l) como para os objectivos ambientais de qualidade mínima para as águas superficiais (250 mg/l).

Os valores de nitritos na ribeira de Aldoar variam entre 682 e 4600 µg/l, correspondendo o valor mais baixo ao ponto mais próximo da foz na 2ª campanha de amostragem; na 1ª campanha de amostragem o valor da concentração de nitritos é muito mais elevado.

O Quadro 4.3 apresenta os resultados das concentrações de Na, K, Mg, Ca e NH<sub>4</sub> relativos às amostras da ribeira de Aldoar (ALD).

**Quadro 4.3 – Concentrações de Na<sup>+</sup>, K<sup>+</sup>, Mg<sup>2+</sup>, Ca<sup>2+</sup> e NH<sub>4</sub><sup>+</sup> nas amostras de água da ribeira de Aldoar (ALD).**

Referência	Data Amostragem	Classificação	Na mg/l	K mg/l	Mg mg/l	Ca mg/l	NH4 µg/l
ALD1.8	25-1-07	Nascente 1	128	23	7	18	60100
ALD1.7	25-1-07	Nascente 2	42	7	9	48	4100
ALD 1.4	25-1-07	Intersecção 1-2	51	9	9	39	13900
ALD 1.5	25-1-07	Nascente 3	67	9	6	22	21800
ALD 1.6	25-1-07	Nascente 4	64	21	13	21	1800
ALD 1.3	25-1-07	Intersecção 1-2; 3-4	56	7	8	23	12100
ALD 1.2	25-1-07	Nascente 5	55	7	8	23	9000
ALD 1.1	25-1-07	Foz	47	9	12	35	6100
ALD 2.4	11-6-07	Foz	56	10	17	46	12740

Da análise do Quadro 4.3 verifica-se que os valores de sódio da água registados nos diferentes locais de amostragem variam entre 42 e 128 mg/l.

O valor mais elevado (ALD1.8) situa-se próximo de um forte aglomerado populacional (Bairro Fonte da Moura). O valor registado no ponto de amostragem junto à foz (ALD2.4) na 2ª campanha de amostragem é ligeiramente superior ao valor registado na 1ª campanha.

O potássio apresenta em toda a ribeira valores inferiores a 10 mg/l com excepção de três pontos de amostragem (ALD1.8, ALD1.6 e ALD2.4). Os pontos onde o valor é superior a 10 mg/l situam-se junto a uma zona de grande aglomerado populacional, ALD1.8 localiza-se perto do Bairro de Aldoar e ALD1.6 no Bairro Fonte da Moura). O ponto ALD2.4 localiza-se na foz da ribeira de Aldoar apresenta 10 mg/l de potássio, este valor pode estar relacionado com a aplicação de adubos na zona do parque da cidade onde corre grande parte da ribeira.

Relativamente aos valores de magnésio podemos concluir que todos os valores são inferiores a 20 mg/l. O valor mais elevado (17 mg/l) foi obtido no ponto mais próximo da foz na 2ª campanha de amostragem.

As concentrações de cálcio nas águas da ribeira de Aldoar (Quadro 4.3) variam entre 18 e 48 mg/l, sendo mais elevado no ponto de amostragem ALD1.7, que se localiza perto de um aglomerado populacional em que várias habitações não estão ligadas ao colector de águas residuais domésticas.

Relativamente aos valores de Azoto Amoniacal podemos concluir que todos os valores são extremamente elevados. Estes valores excedem os valores limites (1 mg/l) para os objectivos ambientais de qualidade mínima de águas superficiais (Decreto – Lei 236/98, Anexo XXI). Acrescente-se ainda que apenas as amostras ALD1.7, ALD1.6, ALD1.2 e ALD1.1 não excedem os valores limites de emissão (VLE) na descarga de águas residuais (10 mg/l).

Uma vez que o azoto amoniacal é o produto da degradação biológica de matéria orgânica azotada, estes valores indicam a existência de poluição orgânica devida a descargas de esgotos domésticos, ou, eventualmente de algumas descargas industriais, a montante dos pontos de amostragem.

O Quadro 4.4 apresenta os resultados das concentrações dos metais pesados (Al, As, B, Ba, Br, Cr, Cu, Fe, Li, Mn, Ni, P, Pb, Rb, Se, Si, Sr, V, Zn) relativos às amostras da ribeira de Aldoar (ALD).

Da análise do Quadro 4.4 verificam grandes variações em relação à concentração de Al (os valores oscilam entre 6 e 296 µg/l). Os valores registados em todas as amostras são inferiores aos máximos admissíveis pela legislação, para águas destinadas à rega (20 mg/l) e aos valores limites de emissão na descarga de águas residuais (10 mg/l) pelo Decreto-Lei nº236/98. A maioria dos valores obtidos excedem o valor 18 µg/l considerado como o valor mediano para águas de superfície na Europa (projecto FOREGS, De Vos et al., 2006).

Relativamente às concentrações em As, os valores registados nas amostras de água da ribeira de Aldoar variam entre 2 e 9 µg/l, todas as amostragens encontram-se dentro dos valores máximos admissíveis para água destinada à rega (10 mg/l) não excedendo, também, o valor limite de emissão na descarga de águas residuais.

## CAPÍTULO 4 – CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA E BACTERIOLÓGICA

**Quadro 4.4 – Concentrações de Al, As, B, Ba, Br, Cr, Cu, Fe, Li, Mn, Ni, P, Pb, Rb, Se, Si, Sr, V, Zn nas amostras de água da ribeira de Aldoar (ALD).**

Referência	ALD1.8	ALD1.7	ALD1.4	ALD1.5	ALD1.6	ALD1.3	ALD1.2	ALD1.1	ALD2.4
Data da Amostragem	25-1-07	25-1-07	25-1-07	25-1-07	25-1-07	25-1-07	25-1-07	25-1-07	11-6-07
Classificação	Nascente 1	Nascente 2	Intersecção 1-2	Nascente 3	Nascente 4	Intersecção 1-2; 3-4	Nascente 5	Foz	Foz
Al $\mu\text{g/l}$	296	38	33	222	17	81	74	18	6
As $\mu\text{g/l}$	9	3	4	5	2	4	4	3	4
B $\mu\text{g/l}$	180	147	83	99	151	115	126	71	75
Ba $\mu\text{g/l}$	4	27	23	7	42	8	8	25	36
Br $\mu\text{g/l}$	134	338	299	77	299	127	129	315	790
Cr $\mu\text{g/l}$	29	8	8	17	3	12	12	5	4
Cu $\mu\text{g/l}$	23	4	5	7	4	2	3	2	3
Fe $\mu\text{g/l}$	200	I.d.	17	77	29	55	59	30	I.d.
Li $\mu\text{g/l}$	6	6	6	3	4	3	3	6	7
Mn $\mu\text{g/l}$	486	2	2	21	4	23	26	4	0,14
Ni $\mu\text{g/l}$	5	I.d.	0,4	0,7	0,2	0,3	0,3	0,4	0,9
P $\mu\text{g/l}$	11612	331	2005	4178	688	2890	2941	584	233
Pb $\mu\text{g/l}$	2	I.d.	I.d.	0,7	0,1	0,2	0,2	I.d.	I.d.
Rb $\mu\text{g/l}$	27	16	19	11	25	9	9	14	15
Se $\mu\text{g/l}$	1	2	2	1	2	1	1	2	3
Si $\mu\text{g/l}$	8541	8043	7406	5554	6731	5571	5523	6640	8825
Sr $\mu\text{g/l}$	93	128	136	125	113	125	128	166	243
V $\mu\text{g/l}$	1	3	3	1	1	1	1	2	1
Zn $\mu\text{g/l}$	88	6	19	93	11	12	13	17	13

I.d. – limite de detecção.

O valor mais elevado 9  $\mu\text{g/l}$  corresponde ao ponto ALD1.8 que se localiza perto de um forte aglomerado populacional (Bairro Fonte da Moura). O valor mediano estabelecido por De Vos et al., 2006 é de 0,63  $\mu\text{g/l}$  (podendo variar entre <0,01 a 27  $\mu\text{g/l}$ ).

Em relação às concentrações em B, podemos concluir que os valores variam entre 71 e 180  $\mu\text{g/l}$ , e que todas as amostras apresentam valores abaixo do valor máximo admissível (VMA – 3,75 mg/l) para a qualidade da água destinada à rega. O valor mais elevado corresponde novamente à amostra ALD1.8 que está muito próxima do Bairro Fonte da Moura; o valor mais baixo é registado na foz da ribeira (71  $\mu\text{g/l}$ ). Os valores obtidos são superiores aos estabelecidos por De Vos et al., 2006 para as águas de superfície da Europa no âmbito do Projecto FOREGS (15,6  $\mu\text{g/l}$ ) ou para as águas de superfície a nível mundial (20  $\mu\text{g/l}$ ). Valores elevados de B são frequentemente encontrados em linhas de água afectadas por esgotos podendo ser frequentemente associada a actividade industrial e/ou agrícola.



Relativamente à concentração de Ba na ribeira de Aldoar podemos constatar que os valores variam ao longo de todo o traçado da ribeira. O valor mais elevado (42,1 µg/l) regista-se novamente perto de um armazém de material ferroso; este valor e todos os outros não excedem o valor máximo recomendado para águas destinadas à rega. Da análise dos valores podemos verificar que os valores obtidos são, na maioria dos casos, inferiores aos valores medianos estabelecidos para as águas de superfície da Europa (24,9 µg/l) ou para as águas a nível mundial (30 µg/l) (De Vos et al., 2006). São excepção as amostras ALD1.6 e ALD2.4.

As concentrações de Br presentes na água da ribeira de Aldoar variam entre 77 e 790 µg/l. A comparação dos valores registados no ponto de amostragem junto à foz para os dois períodos de amostragem permite concluir que houve um aumento muito significativo do valor da concentração em Br. Esse valor foi registado num período de chuva. Refira-se que os valores obtidos são significativamente elevados quando comparados com os valores medianos estabelecidos pelo Projecto FOREGS (0,01 mg/l - De Vos et al., 2006). Segundo estes autores é frequente encontrar valores elevados de Br em linhas de água cujos sedimentos tenham uma forte influência marinha. As amostras ALD1.1 e ALD2.4 encontram-se sob a influência directa das marés e pode explicar os valores obtidos.

Relativamente às concentrações de Cr constata-se que os valores das amostragens são muito variados destacando-se o ponto ALD1.8 que apresenta um valor significativamente mais elevado quando comparado com os restantes pontos. Os valores não excedem o VMA estabelecido para as águas destinadas à rega (20 mg/l). No que respeita à conformidade com o Decreto-Lei nº236/98 para o valor limite de emissão na descarga de águas residuais (2,0 mg/l) e para os objectivos ambientais de qualidade mínima para águas superficiais podemos constatar que todas as amostras não excedem esses valores. Todos os valores são superiores aos estabelecidos para as águas de superfície da Europa (0,38 µg/l). Segundo Vos et al., 2006 os valores registados em águas de superfície, no âmbito do Projecto FOREGS variaram entre <0,01 e 43,3 µg/l.

À semelhança da variável Cr, a concentração de Cu mais elevada ocorre na amostra ALD1.8 que se localiza perto do Bairro Fonte da Moura. Todas as amostras apresentam concentrações baixas que não excedem o valor limite de emissão na descarga de águas residuais (0,1 mg/l) e o valor recomendado para os objectivos ambientais de qualidade mínima para águas superficiais (0,1 mg/l). A maioria dos valores registados à excepção de ALD1.8 encontram-se dentro da gama de concentrações registadas para águas de

superfície na Europa (0,08 a 14,6 µg/l) encontrando-se, contudo, claramente acima dos valores medianos estabelecidos para esta variável (0,88 µg/l).

Também o valor mais elevado para as concentrações em Fe na ribeira de Aldoar é registado no ponto ALD1.8 (200 µg/l). O conjunto de valores é variável ao longo do traçado da ribeira mas de entre os nove pontos de amostragem destacam-se dois que apresentam concentrações inferiores abaixo do limite de detecção. As amostras não excedem o valor máximo recomendado para as águas destinadas à rega (5,0 mg/L). Comparando os valores obtidos com os valores estabelecidos pelo Projecto FOREGS (De Vos et al. 2006) constata-se que os valores registados se encontram abaixo do valor estabelecido (67 mg/l) e enquadram-se dentro da gama de variação obtida (1 a 4820 µg/l).

Relativamente às concentrações de Li verifica-se que os valores são constantes ao longo da ribeira (valores que variam entre 3-7 µg/l) encontrando-se todos abaixo do valor máximo recomendado para águas destinadas à rega (2,5 mg/l). Os valores obtidos são ligeiramente superiores aos estabelecidos para as águas superficiais da Europa (2,1 µg/l – De Vos et al., 2006) enquadrando-se, no entanto, dentro da gama de variação obtida para as águas superficiais (<0,1 a 356 µg/l).

Tal como acontece com a concentração de Fe, a concentração mais elevada de Mn corresponde ao ponto ALD1.8 que se localiza, como já foi referido anteriormente, nas imediações do Bairro Fonte da Moura. Todos os pontos amostrados apresentam concentrações em Mn que não excedem o valor máximo admissível para águas destinadas à rega (10 mg/l). Refira-se no entanto que o ponto ALD1.8 excede o valor máximo recomendado para águas destinadas à rega (0,2 mg/l), contudo encontra-se abaixo do limite estabelecido para a descarga de águas residuais (2,0 mg/l). Todos os pontos, à excepção do ALD1.8, apresentam valores semelhantes aos registados para as águas europeias (15,9 µg/l – De Vos et al., 2006).

Os valores das concentrações em Ni variam entre <0,2 e 5 µg/l, sendo o valor mais elevado o ponto que se localiza perto do Bairro “Fonte da Moura”. Todas as amostras com excepção da ALD1.8 encontram-se dentro dos valores limites de emissão na descarga de águas residuais (2,0 mg/l) e dos objectivos ambientais de qualidade mínima para águas superficiais (0,05 mg/l). Os valores registados não são muito superiores ao valor mediano de 1,91 µg/l definido para as águas superficiais da Europa. Refira-se que

De Vos et al., 2006 obtiveram valores, para as águas superficiais, que variaram de 0,03 a 24,6 µg/l.

Relativamente às concentrações de P presentes nas águas da ribeira de Aldoar constata-se que em algumas amostras (ALD1.8, ALD1.4, ALD1.5, ALD1.3 e ALD1.2) apresentam valores extremamente elevados. O valor registado na amostra ALD1.8 excede o limite de emissão na descarga de águas residuais (10 mg/l), juntamente com as amostras ALD1.4, ALD1.5, ALD1.3 e ALD1.2 excedem os valores propostos para os objectivos ambientais de qualidade mínima para águas superficiais (1,0 mg/l) o que indica que esta ribeira funciona como colector de águas residuais domésticas.

Todas as amostras apresentam concentrações de Pb inferiores ao recomendado para o limite de emissão na descarga de águas residuais. Ao longo de todos os troços da ribeira não se verificam grandes alterações dos valores das concentrações de chumbo. No ponto mais próximo da foz registam-se nas duas campanhas de amostragem valores abaixo do limite de detecção (< 0,1 µg/l). As concentrações registadas inserem-se dentro da gama de variação obtida para as águas superficiais europeias (0,005 a 6,37 µg/l).

Relativamente à concentração de Rb pode-se constatar que os valores variam entre 9 e 27 µg/l ao longo do traçado da ribeira. Os valores mais elevados localizam-se precisamente no Bairro de Aldoar (ALD1.6) e no Bairro Fonte da Moura (ALD1.8). Comparando os valores obtidos com o valor mediano definido para as águas superficiais da Europa (1.32 mg/l) verifica-se que todas as amostras apresentam um valor inferiores. No entanto todos os valores se enquadram dentro da gama de valores obtidas para as águas superficiais europeias (<0,1 a 112 µg/l). Comparativamente ao ponto mais próximo da foz para os dois períodos de amostragem pode-se verificar que os valores subiram ligeiramente, registando-se o valor mais elevado num período chuvoso e quente.

Os valores das concentrações em Se variam entre 1 e 3 µg/l, registando-se o valor mais baixo no ponto ALD1.5, em que localiza um grande aglomerado populacional e o ponto mais elevado localiza-se na foz para a 2ª campanha de amostragem. Todas as amostras apresentam valores inferiores aos admissíveis para a qualidade de água destinada à rega. Os valores obtidos inserem-se dentro da gama de valores registados para águas superficiais da Europa (<0,01 a 7,63 µg/l), mas encontram-se claramente acima do valor mediano estabelecido para as mesmas águas (0,34 µg/l).

Relativamente à concentração de Si podemos constatar que todas as amostras apresentam valores elevados, variando entre 5523 e 8825 µg/l, reflectindo o contexto

geológico em que se inserem as ribeiras. Verifica-se que os troços que se juntam no ponto ALD1.4 apresentam os valores mais elevados e em contrapartida o ponto ALD1.3, que posteriormente acolhe ALD1.4 e ALD1.6 com ALD1.5 apresenta valor inferior. Da comparação dos valores registados no ponto mais próximo da foz para os dois períodos de amostragem verifica-se que houve um aumento significativo do valor da concentração em Si. Os valores registados podem ser considerados normais tendo em atenção a gama o valor mediano estabelecido para as águas superficiais europeias (8,03 mg/l).

Ao contrário do que acontece com as outras concentrações o valor da concentração em Sr é mais baixa no ponto ALD1.8 enquanto a mais elevada é registada no ponto ALD1.1. Refira-se que o ponto ALD1.1 é aquele que tem maior proximidade com o mar, podendo em situações de maré cheia ser afectado reflectindo assim um enriquecimento em Sr. A maioria das amostras apresenta valores superiores ao valor mediano de Sr para águas superficiais europeias (0,11 mg/l). Refira-se, no entanto, que os valores enquadram-se dentro da gama de valores obtida para as águas superficiais (0,001 a 13,6 mg/l).

Relativamente à concentração de V pode-se constatar que os valores são constantes ao longo da ribeira de Aldoar. Os valores obtidos, para esta ribeira, podem ser considerados normais.

Relativamente à concentração de Zn constata-se que o valor mais elevado (93 µg/l) localiza-se nas proximidades de um aglomerado populacional com algum comércio nomeadamente talhos, mercearias, frutarias e cabeleireiros que podem ser os causadores de poluição. O valor mediano estabelecido por De Vos et al., 2006 para esta variável é de 2.68 mg/l (os valores variam entre 0,01 a 310 µg/l).

Todas as amostras apresentam valores que se encontram abaixo dos valores recomendados para os objectivos ambientais de qualidade mínima para águas superficiais (0,5 mg/l).

### **4.2.1.3 Parâmetros bacteriológicos**

O Quadro 4.5 apresenta os resultados das concentrações em coliformes fecais relativos às amostras da ribeira de Aldoar (ALD).

Todos os valores encontrados nas duas séries de amostragem (Quadro 4.5) não se encontram em conformidade com o Decreto-Lei 236/98, tanto para águas destinadas à rega como para águas balneares. Os valores das amostragens ultrapassam largamente os valores limites para estes fins (VMR=100 UF/100ml, para a rega e VMA=2000

UF/100ml para águas balneares). Os valores mais elevados foram registados nos pontos ALD1.4, ALD1.5 e ALD1.3.

**Quadro 4.5 – Concentração de Coliformes Fecais (Nº/100mL) nas amostras de água da ribeira de Aldoar (ALD).**

Referência	Data Amostragem	Classificação	Col. Fecais (Nº /100 ml)
ALD1.8	25-1-07	Nascente 1	$6,7 \cdot 10^5$
ALD1.7	25-1-07	Nascente 2	$8,2 \cdot 10^4$
ALD 1.4	25-1-07	Intersecção 1-2	$2,3 \cdot 10^6$
ALD 1.5	25-1-07	Nascente 3	$3,8 \cdot 10^6$
ALD 1.6	25-1-07	Nascente 4	$2,7 \cdot 10^5$
ALD 1.3	25-1-07	Intersecção 1-2; 3-4	$1,2 \cdot 10^6$
ALD 1.2	25-1-07	Nascente 5	$8,4 \cdot 10^4$
ALD 1.1	25-1-07	Foz	$2,1 \cdot 10^5$
ALD 2.4	11-6-07	Foz	$6,4 \cdot 10^5$

Os valores elevados apresentados nas amostragens da ribeira de Aldoar denunciam uma forte contaminação fecal ao longo de toda a ribeira. A existência de bactérias coliformes fecais indica poluição sanitária.

Nota-se igualmente que os valores registados na foz quer na 1ª campanha (ALD1.1) quer na 2ª campanha (ALD2.4) são os mais elevados. Refira-se que durante a 2ª campanha a amostragem foi realizada após um período de forte chuvada.

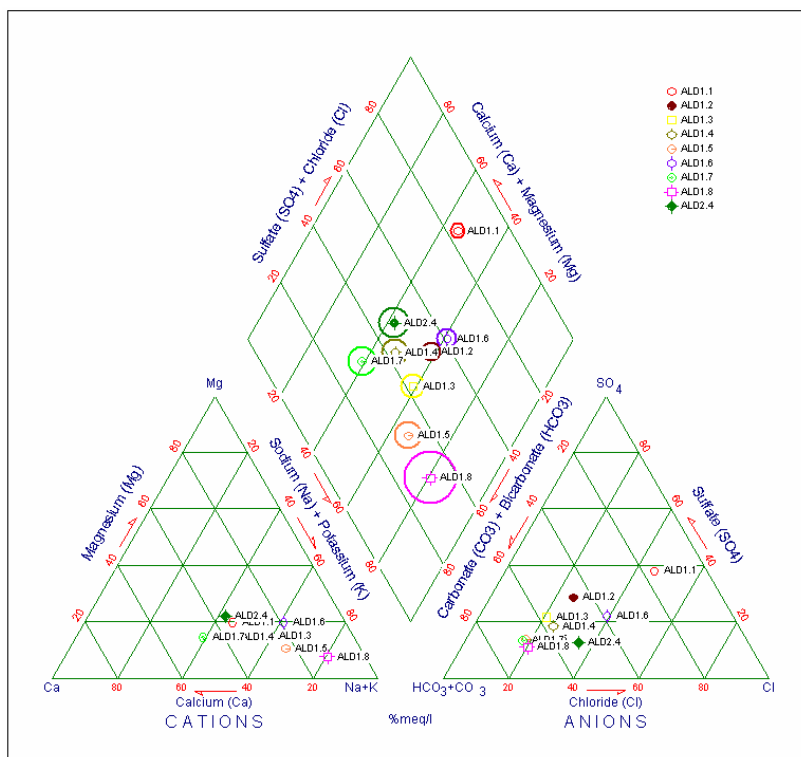
#### 4.2.1.4 Classificação das águas de acordo com os diagramas de Piper e Stiff

Como foi visto anteriormente, na ribeira de Aldoar o bicarbonato é o anião que apresenta valores mais elevados nas duas colheitas de amostragem. A análise do diagrama de Piper (Figura 4.1) permite verificar que a fácieis bicarbonatada é claramente dominante nas duas amostragens. No entanto, constatou-se que das sete amostras bicarbonatadas uma cai no seguinte domínio: bicarbonatada sulfatada. As restantes duas amostras caem do domínio: cloretada-bicarbonatada (ALD1.6) e cloretada-sulfatada (ALD1.1).

Quanto aos catiões, como se verificou, o ião sódio é o catião dominante. Da análise do diagrama constata-se precisamente que a fácies sódica é dominante nas duas amostragens. Das oito fácieis sódicas, duas ocorrem no domínio sódico-cálcicas. Apenas a amostra (ALD1.7) é pertencente ao domínio calco-sódico.

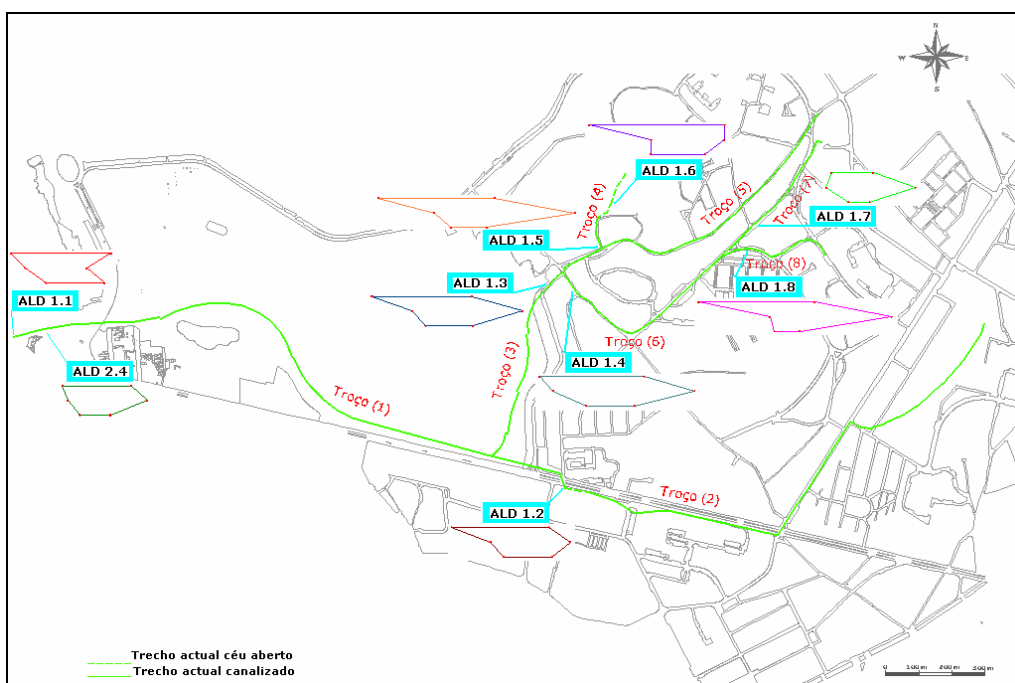
De uma maneira geral (Figura 4.1), na primeira campanha de amostragem, a maior parte das águas são bicarbonatadas sódicas e cálcicas, dominando as primeiras; a segunda

campanha apenas com uma amostra pode-se verificar que esta também apresenta uma água bicarbonatada sódica.



**Figura 4.1 – Diagrama de Piper para a Ribeira de Aldoar**

A figura 4.2 apresenta a distribuição espacial dos diagramas de Stiff para o conjunto de amostras da Ribeira de Aldoar.



**Figura 4.2 – Diagramas de Stiff para a Ribeira de Aldoar**

### 4.2.2 Ribeira de Nevogilde

#### 4.2.2.1 Parâmetros físico-químicos

Da análise do Quadro 4.6 verifica-se que os valores da temperatura da água registados nos diferentes locais de amostragem variaram de 15,3 a 15,8°C demonstrando uma constância nos valores registados. A pequena variação registada entre o ponto de amostragem NEV1.10 e NEV1.9 deve-se ao facto de o local onde foi efectuada a amostragem da amostra NEV1.9 ser ventilado, enquanto que no local da amostra NEV1.10 colector com acesso por uma caixa de visita localizada na Rua do Funchal (Foto 4.1) era fechado. Os valores mais baixos foram registados na 1ª campanha (que ocorreu no mês de Janeiro), enquanto que os valores mais elevados foram obtidos em Junho.

**Quadro 4.6 – Valores de temperatura obtidos para a ribeira de Nevogilde (NEV).**

Referência	Data Amostragem	Classificação	Temperatura	pH	Condutividade
			(°C)		(µS/cm)
NEV1.10	25-1-07	Nascente	15,8	6,0	585
NEV1.9	25-1-07	Foz	15,3	7,1	1010
NEV2.3	11-6-07	Foz	18,3	6,6	524



**Foto 4.1 – Foz da ribeira de Nevogilde na 2ª campanha de amostragem.**

Os valores de temperatura registados nesta ribeira são inferiores aos valores máximos de temperatura admissíveis (30°C) relativos aos objectivos de qualidade mínima para águas superficiais (Decreto – Lei nº236/98, Anexo XXI).

Os valores de pH (Quadro 4.6) conferem às águas características ligeiramente ácidas, com excepção da amostra NEV1.9 que apresenta características neutras (7,1). Os valores apresentados não ultrapassam, contudo, valores limites (5,0 – 9,0) estabelecidos pelo Decreto – Lei nº 236/98 (Anexo XXI) para águas superficiais. O ponto de amostragem NEV1.9 localizado na praia do Homem do Leme e desaguando directamente na praia, apresenta um valor de pH que não ultrapassa os valores máximos admissíveis (VMA 6 - 9) para águas balneares (Anexo XV).

Os resultados relativos à condutividade apresentam alguma oscilação. Da análise dos resultados constata-se que os valores mais elevados foram registados na 1ª campanha no ponto correspondente à foz desta ribeira (NEV1.9). Este valor pode ser justificado pelo facto da amostragem ter coincidido com a maré-cheia e portanto haver uma mistura da água da ribeira com a água do mar. Por outro lado esta amostragem coincidiu com o período mais seco (NEV1.9), e como seria de esperar há uma maior concentração de iões na água enquanto que na 2ª amostragem realizada no mesmo ponto (NEV2.3) foi efectuada depois de uma forte chuvada evidenciando assim um processo de diluição.

#### 4.2.2.2 Parâmetros químicos

O Quadro 4.7 apresenta os resultados das concentrações de  $\text{HCO}_3$ , Cl,  $\text{NO}_3$ ,  $\text{SO}_4$  e  $\text{NO}_2$  relativos às amostras da ribeira de Nevogilde (NEV).

**Quadro 4.7 – Concentrações de  $\text{HCO}_3$ , Cl,  $\text{NO}_3$ ,  $\text{SO}_4$  e  $\text{NO}_2$  nas amostras de água da ribeira de Nevogilde (NEV).**

Referência	Data Amostragem	Classificação	$\text{HCO}_3$ mg/l	Cl mg/l	$\text{NO}_3$ mg/l	$\text{SO}_4$ mg/l	$\text{NO}_2$ µg/l
NEV1.10	25-1-07	Nascente 1	49	63	35	66	I.d.
NEV1.9	25-1-07	Foz	79	60	24	59	900
NEV2.3	11-6-07	Foz	99	69	31	70	8210

Na análise do Quadro 4.7 pode-se constatar que as concentrações em bicarbonatos presentes na água da ribeira de Nevogilde aumentam de montante para jusante e o valor mais elevado regista-se no ponto mais próximo da foz, na 2ª campanha de amostragem, que se realizou em Junho, período quente mas posterior a um dia de chuva.

Relativamente às amostras da ribeira de Nevogilde verifica-se que não se observam grandes variações em relação à concentração de Cl (os valores oscilam entre 60 e 69 mg/l - Quadro 4.7). Os valores registados em todas as amostras são inferiores aos recomendados pela legislação, para água destinada à rega (70 mg/l, pelo Decreto – Lei nº 236/98 do Anexo XVI). Tendo em consideração os valores referenciados nos



objectivos ambientais de qualidade mínima para águas superficiais (valor limite 250 mg/l), podemos afirmar que as amostras de água da ribeira de Nevogilde não ultrapassam esse valor.

As concentrações de nitratos nas águas da ribeira de Nevogilde (Quadro 4.7) não ultrapassam os valores máximos recomendados para águas destinadas à rega (VMR=50 mg/l). O valor mais elevado corresponde à nascente da ribeira (NEV1.10), onde existem campos agrícolas marginais, em que devido à utilização de fertilizantes químicos ricos em nitratos, pode indicar alguma auto-depuração destas águas.

Os valores dos sulfatos variam entre 59 e 66 mg/l  $\text{SO}_4$ , sendo mais elevados no ponto de amostragem NEV1.10. Todos os valores estão em conformidade com o Decreto-Lei nº 236/98 tanto para águas destinadas à rega (VMR=575 mg/l) como para os valores fixados nos objectivos ambientais de qualidade mínima para águas superficiais (250 mg/l).

Relativamente às concentrações em nitritos verifica-se que na 1ª campanha de amostragem o ponto mais a montante (NEV1.10) apresenta um valor nulo e o ponto mais próximo da foz apresenta um valor elevado (900  $\mu\text{g/l}$ ). Comparativamente ao ponto em comum nos dois períodos de amostragem, verifica-se que o valor das concentrações em nitritos é muito mais elevado na 2ª campanha de amostragem justificado pelo facto da 2ª campanha se ter realizado no período de Junho (período mais quente e com maior taxa de ocupação resultante da presença de turistas).

O Quadro 4.8 apresenta os resultados das concentrações de Na, K, Mg, Ca e  $\text{NH}_4$  relativos às amostras da ribeira de Nevogilde (NEV).

**Quadro 4.8 – Concentrações de Na, K, Mg, Ca e  $\text{NH}_4$  nas amostras de água da ribeira de Nevogilde (NEV).**

Referência	Data Amostragem	Classificação	Na mg/l	K mg/l	Mg mg/l	Ca mg/l	$\text{NH}_4$ $\mu\text{g/l}$
NEV1.10	25-1-07	Nascente 1	58	5	17	19	l.d.
NEV1.9	25-1-07	Foz	54	6	16	24	4100
NEV 2.3	11-6-07	Foz	51	6	15	26	70

Na análise do Quadro 4.8 podemos verificar que as amostras da água da ribeira de Nevogilde não apresentam variações significativas de sódio ao longo do seu traçado. Verifica-se apenas uma pequena diminuição na foz da ribeira na 2ª campanha de amostragem.

Relativamente aos valores de potássio tal como os de sódio, não variam muito entre a nascente e a foz.

As concentrações de magnésio e cálcio nas águas da ribeira de Nevogilde (Quadro 4.8) não apresentam variações significativas nos diferentes pontos de amostragem (variam entre 15 e 17 mg/l e 19-26 mg/l, respectivamente).

Do Quadro 4.8 podemos verificar que o valor de azoto amoniacal na nascente da ribeira se encontra abaixo do limite de detecção do método. Contudo, na zona em que existem campos agrícolas o valor registado é extremamente elevado na foz (4100 µg/l). Este valor pode estar relacionado com os produtos azotados utilizados nos campos agrícolas situados na nascente da ribeira ou por contaminação por esgotos domésticos.

Comparando os valores registados no ponto de amostragem junto à foz (NEV2.3) para os dois períodos de amostragem permite concluir que houve uma redução muito significativa do valor de azoto amoniacal na água. O valor mais baixo ocorreu num período de chuva mas, com temperaturas elevadas (mês de Junho).

No local NEV1.9 os valores de azoto amoniacal excedem o valor limite para os objectivos ambientais (1 mg/l) mas encontram-se abaixo dos valores limites de emissão de descargas de águas residuais (10 mg/l).

O Quadro 4.9 apresenta os resultados das concentrações dos metais pesados (Al, As, B, Ba, Br, Cr, Cu, Fe, Li, Mn, Ni, P, Pb, Rb, Se, Si, Sr, V, Zn) relativos às amostras da ribeira de Nevogilde (NEV).

Da análise do Quadro 4.9 podemos constatar que as concentrações de Al nas águas da ribeira de Nevogilde são mais elevadas no ponto próximo da foz, mas não excedem os valores máximos admissíveis para águas destinadas à rega (20 mg/l) assim como os valores limites de emissão na descarga de águas residuais 10 mg/l. A comparação dos valores registados no ponto de amostragem junto à foz, para os dois períodos de amostragem, permite concluir que as concentrações em Al são mais elevadas no período mais seco. Os valores obtidos nas duas campanhas de amostragem junto à foz excedem o valor 18 µg/l considerado como o valor mediano para águas de superfície na Europa (projecto FOREGS, De Vos et al., 2006).

Relativamente às concentrações de As presentes nas águas da ribeira de Nevogilde podemos constatar que os valores aumentam ligeiramente, mas não de uma forma significativa, de montante para jusante. Podemos também constatar que todos os valores não excedem os valores definidos para os objectivos ambientais (0,1 mg/l) assim como o

## CAPÍTULO 4 – CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA E BACTERIOLÓGICA

valor limite de emissão na descarga de águas residuais (1,0 mg/l). Nenhuma amostra excede o valor mediano (0,63 µg/l) estabelecido por De Vos et al., 2006 (podendo variar entre <0.01 a 27 µg/l).

**Quadro 4.9 – Concentrações de Al, As, B, Ba, Br, Cr, Cu, Fe, Li, Mn, Ni, P, Pb, Rb, Se, Si, Sr, V, Zn nas amostras de água da ribeira de Nevogilde (NEV).**

Referência		NEV1.10	NEV1.9	NEV2.3
Data da Amostragem		29-01-07	29-01-07	11-06-07
Classificação		Nascente	Foz	Foz
Al	µg/l	2	55	13
As	µg/l	1	2	3
B	µg/l	45	57	63
Ba	µg/l	38	32	31
Br	µg/l	262	236	317
Cr	µg/l	3	4	3
Cu	µg/l	1	2	1
Fe	µg/l	l.d.	16	l.d.
Li	µg/l	2	3	2
Mn	µg/l	1	3	l.d.
Ni	µg/l	0,3	0,2	l.d.
P	µg/l	l.d.	1235	417
Pb	µg/l	l.d.	l.d.	l.d.
Rb	µg/l	5	6	7
Se	µg/l	2	2	2
Si	µg/l	6107	6099	6457
Sr	µg/l	141	162	200
V	µg/l	1	1	1
Zn	µg/l	2	8	13

l.d. – limite de detecção

As concentrações de B presentes na água da ribeira de Nevogilde apresentam valores abaixo do valor máximo admissível (VMA=3,75 mg/l) para a qualidade da água destinada à rega. Verifica-se igualmente que a concentração mais elevada corresponde à 2ª campanha de amostragem que ocorre em Junho num período de fortes chuvadas nos dias anteriores. Os valores obtidos são superiores aos estabelecidos por De Vos et al., 2006 para as águas de superfície da Europa no âmbito do Projecto FOREGS (15.6 µg/l) ou para as águas de superfície a nível mundial (20 µg/l). Valores elevados de B são frequentemente encontrados em linhas de água afectadas por esgotos podendo ser frequentemente associada a actividade industrial e/ou agrícola.

Relativamente à concentração em Ba podemos constatar que os valores não excedem o valor máximo recomendado para a qualidade da água destinada à rega. Os valores vão

aumentando ligeiramente de montante para jusante. Da análise dos valores podemos verificar que os valores obtidos são superiores aos valores medianos estabelecidos para as águas de superfície da Europa (24,9 µg/l) ou para as águas a nível mundial (30 µg/l) (De Vos et al., 2006).

Em relação às concentrações de Br, os valores registados variam entre 236 e 317 µg/l (Quadro 4.9). O valor mais elevado registou-se num período de chuva intensa no dia anterior à recolha. Refira-se que os valores obtidos são significativamente elevados quando comparados com os valores medianos estabelecidos pelo Projecto FOREGS (0,01 mg/l - De Vos et al., 2006). Segundo estes autores é frequente encontrar valores elevados de Br em linhas de água cujos sedimentos tenham uma forte influência marinha. As amostras NEV1.9 e NEV2.3 encontram-se sob a alguma influência directa das marés e pode explicar os valores obtidos.

Relativamente às concentrações de Cr constata-se que os seus valores na ribeira de Nevogilde não são muito variáveis. Nenhuma amostra excede o valor máximo recomendado para a qualidade da água para rega (0,1 mg/l) e valor máximo admissível para a água com o mesmo fim (20 mg/l). Quanto à conformidade do Decreto – Lei 236/98 verifica-se que todos os valores não excedem o valor limite de emissão (VLE) na descarga de águas residuais e os valores para os objectivos ambientais de qualidade mínima para as águas superficiais. Os valores na sua maioria são inferiores aos estabelecidos para as águas de superfície da Europa (0,38 µg/l). Segundo Vos et al., 2006 os valores registados em águas de superfície, no âmbito do Projecto FOREGS variaram entre <0,01 e 43,3 µg/l.

Os valores das concentrações em Cu registados nos pontos amostrados variam entre 0,8 a 1,6 µg/l, todas as amostras estão em conformidade com o valor máximo admissível para a qualidade da água destinada à rega (5,0 mg/l). Relativamente à conformidade com o Decreto – Lei 236/98 para os objectivos ambientais de qualidade mínima para águas superficiais e para o valor limite de emissão na descarga de águas residuais verifica-se que nenhuma amostra excede os valores recomendados (0,1 mg/l). Os valores registados encontram-se dentro da gama de concentrações registadas para águas de superfície na Europa (0,08 a 14,6 µg/l) encontrando-se, contudo, acima dos valores medianos estabelecidos para esta variável (0,88 µg/l).

Relativamente às concentrações de Fe presentes nas águas da ribeira de Nevogilde podemos verificar (Quadro 4.9) que as amostras NEV1.10 e NEV2.3 apresentam valores inferiores a 10 mg/l e apenas o ponto NEV1.9 apresenta valor superior a todas as outras

amostras (16 µg/l). Comparando os valores obtidos com os valores estabelecidos pelo Projecto FOREGS (De Vos et al. 2006) constata-se que os valores registados se enquadram dentro do valor estabelecido (67 µg/l) e dentro da gama de variação obtida (1 a 4820 µg/l).

Relativamente ao Li constata-se que todas as amostras apresentam concentrações dentro dos valores máximos recomendados para águas destinadas à rega e para o valor máximo admissível para o mesmo fim (5,8 mg/l). Apenas a amostra NEV1.9 apresenta valor ligeiramente superior aos estabelecidos para as águas superficiais da Europa (2.1 µg/l – De Vos et al., 2006) enquadrando-se, no entanto, dentro da gama de variação obtida para as águas superficiais (<0.1 a 356 µg/l).

As concentrações de Mn presentes nas águas da ribeira de Nevogilde não ultrapassam os valores máximos admissíveis para águas destinadas à rega (10 mg/l). A comparação dos valores registados no ponto de amostragem junto à foz (NEV1.9 e NEV2.3) para os dois períodos de amostragem permite concluir que houve uma redução muito significativa do valor das concentrações em Mn. Todos os pontos apresentam valores inferiores aos registados para as águas europeias (15,9 µg/l – De Vos et al., 2006).

Em relação às concentrações em Ni verifica-se que todos os valores amostrados encontram-se em conformidade com o Decreto – Lei 236/98 para o valor máximo admissível para qualidade da água destinada à rega assim como para o valor limite de emissão na descarga de águas residuais e o valor recomendado para os objectivos ambientais de qualidade mínima para águas superficiais (0,05 mg/l). Os valores registados são inferiores ao valor mediano de 1,91 µg/l definido para as águas superficiais da Europa. Refira-se que De Vos et al., 2006 obtiveram valores, para as águas superficiais, que variaram de 0,03 a 24,6 µg/l.

As concentrações de P presentes na água variam entre <20 e 1235 µg/l. Ao longo da ribeira os valores são muito variáveis na 1ª campanha de amostragem a nascente apresenta valores <20 µg/l e na foz esse valor aumenta brutalmente para 1235 µg/l não excedendo o valor limite de emissão na descarga de águas residuais (10 mg/l) mas sim os objectivos ambientais de qualidade mínima para águas superficiais (1,0 mg/l), podendo indicar que esta ribeira funciona como colector de águas residuais domésticas

Relativamente às concentrações em Pb, constata-se que todos os valores amostrados apresentam valores inferiores a 0,1 mg/l (limite de detecção do método), estando todas as amostras dentro dos valores máximos recomendados para águas destinadas à rega

assim como o valor limite de emissão na descarga de águas residuais. As concentrações registadas inserem-se dentro da gama de variação obtida para as águas superficiais europeias (0.005 a 6.37 µg/l).

As concentrações de Rb variam entre 5 e 7 µg/l, correspondendo o valor mais baixo à nascente da ribeira e o mais elevado corresponde ao ponto mais próximo da foz na 2ª campanha de amostragem. Comparando os valores obtidos com o valor mediano definido para as águas superficiais da Europa (1,32 mg/l) verifica-se que todas as amostras apresentam um valor inferiores. Todos os valores enquadram-se também dentro da gama de valores obtidas para as águas superficiais europeias (<0,1 a 112 µg/l).

Do ponto de vista das concentrações de Se presentes da ribeira de Nevogilde pode-se afirmar que as suas águas não são tóxicas pois, os valores são constantes não ultrapassando 2 µg/l, assim como o valor máximo admissível para a qualidade da água destinada à rega (0,05 mg/l). Os valores obtidos inserem-se dentro da gama de valores registados para águas superficiais da Europa (<0,01 a 7,63 µg/l), mas encontram-se claramente acima do valor mediano estabelecido para as mesmas águas (0,34 µg/l).

Relativamente às concentrações de Si presentes na água da ribeira de Nevogilde constata-se que os valores variam entre 6099 e 6457 µg/l. A comparação dos valores registados no ponto de amostragem junto à foz (NEV1.9 e NEV2.3) para os dois períodos de amostragem permitem concluir que houve um aumento significativo do valor das concentrações de Si. Os valores registados podem ser considerados normais tendo em atenção a gama o valor mediano estabelecido para as águas superficiais europeias (8,03 mg/l).

As concentrações em Sr variam entre 141 e 200 µg/l, correspondendo o valor mais baixo ao ponto NEV 1.10 (nascente). O valor mais elevado corresponde ao ponto junto à foz para a 2ª campanha de amostragem, que se realizou num dia posterior a dias de chuva mas com tempo quente, este enriquecimento em Sr pode estar relacionado com a influência da maré. Todas as amostras apresentam valores superiores ao valor mediano de Sr para águas superficiais europeias (0,11 mg/l). Refira-se, no entanto, que os valores enquadram-se dentro da gama de valores obtida para as águas superficiais (0,001 a 13,6 mg/l).

Em relação às concentrações em V verifica-se que todas as amostras encontram-se em conformidade com o Decreto – Lei 236/98 para águas destinadas à rega. Os valores obtidos, para a ribeira de Nevogilde, podem ser considerados normais.

Relativamente às concentrações de Zn pode-se constatar que os valores são muito variáveis ao longo de toda a ribeira. Todos os valores amostrados encontram-se dentro do valor recomendado para os objectivos ambientais de qualidade mínima para águas superficiais assim como para o valor máximo admissível para a qualidade da água destinada à rega. O valor mediano estabelecido por De Vos et al., 2006 para esta variável é de 2.68 mg/l (os valores variam entre 0.01 a 310 µg/l).

Pode-se ainda verificar pelo Quadro 4.9 que para a amostra mais próxima da foz nos dois períodos de amostragem é muito variável, sendo mais elevado no período chuvoso e quente (Junho).

### 4.2.2.3 Parâmetros bacteriológicos

O Quadro 4.10 apresenta os resultados das concentrações em coliformes fecais relativos às amostras da ribeira de Nevogilde (NEV).

**Quadro 4.10 – Concentração de Coliformes Fecais (Nº/100 mL) nas amostras de água da ribeira de Nevogilde (NEV).**

Referência	Data Amostragem	Classificação	Col. Fecais (Nº /100 mL)
NEV1.10	25-1-07	Nascente 1	2
NEV1.9	25-1-07	Foz	1,0*10 <sup>5</sup>
NEV 2.3	11-6-07	Foz	7,4*10 <sup>4</sup>

Sob o ponto de vista bacteriológico a qualidade das águas da ribeira de Nevogilde é satisfatória na nascente, já que os valores registados são muitíssimo baixos, encontrando-se dentro dos valores admissíveis para águas destinadas a rega.

Os valores das amostras colhidas na foz na 1ª e na 2ª campanha são extremamente elevados indicando a existência de descargas de montante para jusante. Estes valores não se encontram em conformidade com o Decreto-lei nº236/98 pois ultrapassam os valores admissíveis para águas balneares (VMR= 100UF/100ml).

### 4.2.2.4 Classificação das águas de acordo com os diagramas de Piper e Stiff

Através da observação da figura 4.3 pode verificar-se que todas as águas amostradas nas duas campanhas de amostragem são cloretadas sódicas. As amostras cujo ponto de amostragem é comum nas duas campanhas caem sobre o mesmo domínio, significando que não há alteração química da água nas duas épocas de amostragem (Janeiro e Junho). Os diagramas de Stiff permitem constatar que as águas apresentam as mesmas características químicas (Figura 4.4).

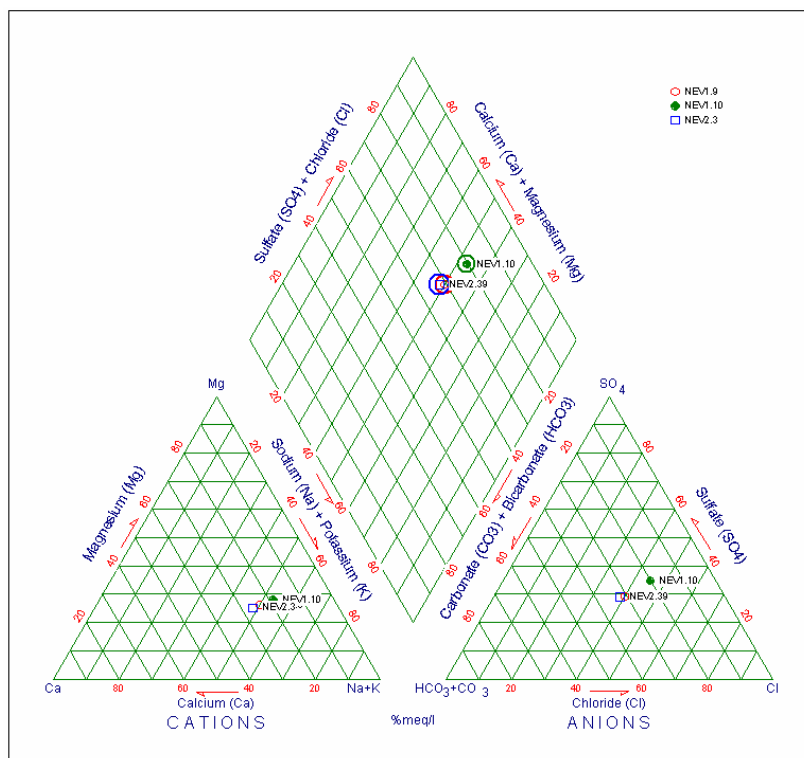


Figura 4.3 – Diagrama de Piper para a Ribeira de Nevogilde

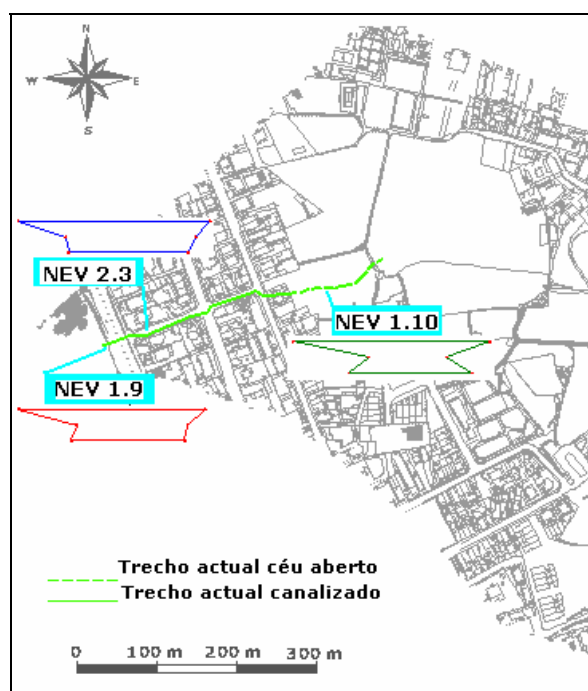


Figura 4.4 – Diagrama de Stiff para a Ribeira de Nevogilde



### 4.2.3 Ribeira da Ervilheira

#### 4.2.3.1 Parâmetros físico-químicos

O Quadro 4.11 apresenta os valores de temperatura, pH e condutividade registados nos pontos de amostragem da ribeira de Ervilheira (ERV).

**Quadro 4.11 – Valores de temperatura obtidos para a ribeira de Ervilheira (ERV).**

Referência	Data Amostragem	Classificação	Temperatura	pH	Condutividade
			(°C)		(μS/cm)
ERV1.11	25-1-07	Nascente	15,3	6,4	521
ERV1.12	25-1-07	Foz	15,6	7,2	559
ERV2.2	11-6-07	Foz	21,0	6,9	539

Relativamente ao parâmetro temperatura, cujos valores são apresentados no Quadro 4.11, pode-se afirmar que os valores da temperatura registados na 1ª campanha oscilaram entre 15,3 e 15,6°C. Na 2ª campanha verifica-se que relativamente à 1ª campanha, o ponto de amostragem localizado na foz apresenta valores muito mais elevados não ultrapassando, contudo, os valores admissíveis para a qualidade mínima da água superficial (VMA de 30°C) do Decreto – Lei nº236/98.

À semelhança do que aconteceu na ribeira de Nevogilde também, a foz da ribeira da Ervilheira foi desviada para não poluir as praias onde desaguava. O ponto de amostragem ERV1.12 corresponde a um local arejado como se pode observar na Foto 4.2 enquanto, que o ponto ERV2.2 corresponde a local tapado e sombrio (Foto 4.3).



**Foto 4.2 – Foz da ribeira da Ervilheira na 1ª campanha de amostragem.**



**Foto 4.3 – Foz da ribeira da Ervilheira na 2ª campanha de amostragem.**

Esta diferença pode explicar a variação de temperatura registada entre as duas amostragens. Por outro lado, o aumento de temperatura registado na 2ª campanha coincide com um período mais quente (mês de Junho) pelo que a temperatura da água reflecte o aumento registado na temperatura do ar.

Os valores de pH registados nas amostras de água da ribeira de Ervilheira conferem às águas um carácter ligeiramente ácido a neutro. O valor mais elevado corresponde à foz da 1ª campanha de amostragem (ERV1.12). Os valores encontram-se dentro dos valores limites para águas superficiais ( $5 < \text{pH} < 9$ ). Considerando o facto de que existem campos agrícolas nas proximidades do ponto de amostragem ERV1.11 e tendo em consideração os valores de pH registados neste ponto de amostragem, podemos afirmar que do ponto de vista da qualidade da água para rega, a água do ponto ERV1.11 (nascente) pode ser utilizada para este fim dado que os valores encontram-se dentro dos valores recomendados ( $\text{VMR}=6,5$ ) no Decreto – Lei nº236/98.

Relativamente ao parâmetro condutividade, os valores registados nas amostras de água da ribeira de Ervilheira não apresentam grandes variações (os valores variam de 521 a 559 mS/cm). O valor mais elevado corresponde à foz da ribeira na 1ª campanha, não ultrapassando contudo os valores limites para qualidade de águas doces superficiais destinadas à produção de água para consumo humano (Decreto – Lei nº236/98,  $\text{VMR}=400$ ).

### 4.2.3.2 Parâmetros químicos

O Quadro 4.12 apresenta os resultados das concentrações de  $\text{HCO}_3$ ,  $\text{Cl}$ ,  $\text{NO}_3$ ,  $\text{SO}_4$  e  $\text{NO}_2$  relativos às amostras da ribeira de Ervilheira (ERV).

**Quadro 4.12 – Concentrações de  $\text{HCO}_3$ ,  $\text{Cl}$ ,  $\text{NO}_3$ ,  $\text{SO}_4$  e  $\text{NO}_2$  nas amostras de água da ribeira de Ervilheira (ERV).**

Referência	Data Amostragem	Classificação	$\text{HCO}_3$ mg/L	$\text{Cl}$ mg/L	$\text{NO}_3$ mg/L	$\text{SO}_4$ mg/L	$\text{NO}_2$ $\mu\text{g/L}$
ERV1.11	25-1-07	Nascente 1	116	47	14	72	100
ERV1.12	25-1-07	Foz	138	55	10	48	7400
ERV2.2	11-6-07	Foz	148	56	30	67	10263

Da análise do Quadro 4.12 constata-se que as concentrações de bicarbonatos presentes na água da ribeira da Ervilheira na 1ª campanha de amostragem não são muito variáveis mas o valor mais elevado é relativo ao ponto mais próximo da foz. Na 2ª campanha de amostragem verifica-se um ligeiro aumento no valor da concentração em relação à 1ª campanha de amostragem.

Relativamente às concentrações de cloretos não apresentam variações significativas entre os diferentes pontos de amostragem. As concentrações encontram-se dentro dos limites estabelecidos pelo Decreto – Lei nº236/98 (Quadro 4.12) para águas destinadas à rega (VMR=70 mg/l) e para a qualidade mínima das águas superficiais (VMR=250 mg/l). No entanto estas águas excedem os valores impostos para as águas de consumo humano (VMR=25 mg/l).

Relativamente aos nitratos, observaram-se oscilações entre a 1ª e a 2ª campanha, no entanto nenhum valor ultrapassa os limites impostos pelo Decreto – Lei nº236/98 (VMR=50 mg/l), para águas destinadas à rega.

Refira-se que era frequente a utilização desta água para consumo humano. Tendo em consideração este aspecto pode-se dizer que esta água apresenta concentrações em nitratos dentro dos valores admissíveis para água de consumo (VMA=50 mg/l, Decreto – Lei nº236/98). No entanto, a potabilidade de uma água não é definida só a partir da concentração em nitratos pelo que, deve-se ter em conta muitos parâmetros com igual ou maior importância que os nitratos.

Em relação ao parâmetro sulfato, os valores registados variam entre 48 e 72 mg/l (Quadro 4.12). Quanto à conformidade do Decreto – Lei nº236/98 para águas destinadas à rega (Anexo XVI) e para a qualidade mínima de águas superficiais (Anexo XXI) verifica-

se que todos os valores são inferiores aos recomendados. Relativamente aos valores para água de consumo pode-se dizer que os valores das amostras encontram-se dentro dos valores máximos admissíveis (VMA=250mg/l) mas ultrapassam os valores máximos recomendados (VMR=25mg/l).

Relativamente aos valores de nitritos podemos constatar pelo Quadro 4.12, que tal como acontece da ribeira de Nevogilde, os valores aumentam muito de montante para jusante. A comparação dos valores registados no ponto de amostragem junto à foz (ERV1.12 e ERV2.2) para os dois períodos de amostragem permite concluir que houve um aumento muito significativo do valor das concentrações em nitritos, o valor mais elevado (ERV2.2) ocorreu posteriormente a um dia de chuva e com temperatura mais elevada que a amostra colhida na 1ª campanha de amostragem.

O Quadro 4.13 apresenta os resultados das concentrações de Na, K, Mg, Ca e NH<sub>4</sub> relativos às amostras da ribeira de Ervilheira (ERV).

**Quadro 4.13 – Concentrações de Na, K, Mg, Ca e NH<sub>4</sub> nas amostras de água da ribeira de Ervilheira (ERV).**

Referência	Data Amostragem	Classificação	Na mg/L	K mg/L	Mg mg/L	Ca mg/L	NH <sub>4</sub> µg/L
ERV1.11	25-01-07	Nascente 1	44	6	13	36	0
ERV1.12	25-01-07	Foz	64	7	12	27	6800
ERV2.2	11-06-07	Foz	47	8	13	33	7560

Da análise do Quadro 4.13, verifica-se que as concentrações em sódio da água registadas nos diferentes locais de amostragem variam entre 44 e 64 mg/l. O valor mais elevado (ERV1.12) foi obtido na foz da 1ª campanha de amostragem, numa altura de baixa pluviosidade e com tempo frio (Janeiro). Este ponto encontra-se condicionado à maré, visto se situar num aqueduto situado na areia da praia.

Relativamente aos valores de potássio podemos concluir que em toda a extensão da ribeira os valores são inferiores a 10 mg/l. À semelhança do que acontece na ribeira de Nevogilde os valores mais elevados registam-se na foz da ribeira podendo estar relacionados com a aplicação de adubos na zona da nascente onde se localizam campos de cultivo. De referir que a segunda campanha de amostragem foi efectuada em período de chuva, logo o ponto com valor mais elevado poder-se-á dever à precipitação que ocorreu nos dias anteriores, dissolvendo os adubos utilizados a montante.

O magnésio apresenta em toda a extensão da ribeira valores inferiores a 20 mg/l. A comparação dos valores registados no ponto de amostragem junto à foz (ERV1.12 e ERV2.2) para os dois períodos de amostragem permitindo concluir que houve uma ligeira subida do valor de magnésio na água.

As concentrações de cálcio nas águas da ribeira da Ervilheira (Quadro 4.13) variam entre 27 e 36 mg/l. A comparação dos valores registados nos pontos de amostragem permite concluir que na 1ª campanha de amostragem o valor mais elevado situa-se na nascente da ribeira.

Tal como acontece na ribeira de Nevogilde também, na nascente da ribeira da Ervilheira o valor da concentração de azoto amoniacal da água é nulo e na foz é extremamente elevado (6800 µg/l). O valor mais elevado é registado na 2ª campanha de amostragem (7560 µg/l), este valor pode estar relacionado com diversos factores, tais como a utilização de produtos agrícolas utilizados nas imediações da nascente da ribeira ou com descargas de esgotos domésticos para a ribeira que são muito frequentes nas alturas de maior pluviosidade.

O Quadro 4.14 apresenta os resultados das concentrações dos metais pesados (Al, As, B, Ba, Br, Cr, Cu, Fe, Li, Mn, Ni, P, Pb, Rb, Se, Si, Sr, V, Zn) relativos às amostras da ribeira da Ervilheira (ERV).

Relativamente às amostras da ribeira da Ervilheira verifica-se (Quadro 4.14) que as concentrações de Al para a primeira campanha de amostragem são mais elevadas no ponto mais junto à foz; não ultrapassando os valores máximos admissíveis para a qualidade das águas destinadas à rega assim como os valores limites na descarga de águas residuais (Decreto-Lei nº236/98). Só a amostra ERV1.12 excede o valor 18 µg/l considerado como o valor mediano para águas de superfície na Europa (projecto FOREGS, De Vos et al., 2006).

As concentrações em As presentes nas águas da ribeira da Ervilheira (Quadro 4.14) não ultrapassam os valores máximos admissíveis para a qualidade da água destinada à rega nem os valores para os objectivos ambientais da qualidade mínima para águas superficiais (0,1mg/l). De montante para jusante nota-se um aumento significativo mas o valor mais elevado, ocorre num período de chuva, que se poderá dever à utilização de insecticidas ou herbicidas utilizados nos campos agrícolas a montante da foz da ribeira. O valor mediano estabelecido por De Vos et al., 2006 é de 0,63 µg/l (podendo variar entre <0.01 a 27 µg/l).

## CAPÍTULO 4 – CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA E BACTERIOLÓGICA

Relativamente às concentrações de B, podemos concluir que os valores amostrados apresentam variações ao longo da ribeira, não excedendo o valor máximo admissível para águas destinadas à rega.

**Quadro 4.14 – Concentrações de Al, As, B, Ba, Br, Cr, Cu, Fe, Li, Mn, Ni, P, Pb, Rb, Se, Si, Sr, V, Zn nas amostras de água da ribeira da Ervilheira (ERV).**

Referência		ERV1.11	ERV1.12	ERV2.2
Data da Amostragem		29-1-07	29-1-07	11-6-07
Classificação		Nascente	Foz	Foz
Al	µg/l	8	43	10
As	µg/l	1	4	4
B	µg/l	68	85	60
Ba	µg/l	37	19	45
Br	µg/l	391	251	344
Cr	µg/l	6	6	3
Cu	µg/l	2	3	3
Fe	µg/l	11	21	<10
Li	µg/l	3	4	4
Mn	µg/l	0,4	6	0,3
Ni	µg/l	0,3	0,5	0,5
P	µg/l	24	1635	1267
Pb	µg/l	I.d.	I.d.	I.d.
Rb	µg/l	11	8	11
Se	µg/l	2	2	2
Si	µg/l	7464	7598	8158
Sr	µg/l	154	179	239
V	µg/l	1	1	1
Zn	µg/l	3	18	19

Os valores obtidos são muito superiores aos estabelecidos por De Vos et al., 2006 para as águas de superfície da Europa no âmbito do Projecto FOREGS (15.6 µg/l) ou para as águas de superfície a nível mundial (20 µg/l). Valores elevados de B são frequentemente encontrados em linhas de água afectadas por esgotos podendo ser frequentemente associada a actividade industrial e/ou agrícola. Tal como acontece na ribeira de Nevogilde, na Ribeira da Ervilheira também os valores de B vão aumentando de montante para jusante.

As concentrações em Ba, presentes nas águas da ribeira da Ervilheira diminuem de montante para jusante. A comparação dos valores registados no ponto de amostragem junto à foz (ERV1.12 e ERV2.2) para os dois períodos de amostragem permite concluir que houve um aumento muito significativo da concentração de Ba na água. Este valor tal

como os restantes não excede o valor recomendado para a qualidade da água destinada à rega (1,0 mg/l). Da análise dos valores podemos verificar que os valores obtidos são, na maioria dos casos, superiores aos valores medianos estabelecidos para as águas de superfície da Europa (24,9 µg/l) ou para as águas a nível mundial (30 µg/l) (De Vos et al., 2006), sendo excepção a amostra ERV1.12.

Em relação às concentrações de Br presentes na água da ribeira da Ervilheira constata-se que todos os valores são altos, encontrando-se precisamente o valor mais elevado (391 µg/l) na nascente da ribeira e o mais baixo no ponto mais próximo da foz (ERV1.12). A comparação dos valores registados no ponto mais próximo da foz (ERV1.12 e ERV2.2) para os dois períodos de amostragem permite concluir que houve um aumento significativo do valor da concentração de Br na água. Refira-se que os valores obtidos são significativamente elevados quando comparados com os valores medianos estabelecidos pelo Projecto FOREGS (0.01 mg/l - De Vos et al., 2006). Segundo estes autores é frequente encontrar valores elevados de Br em linhas de água cujos sedimentos tenham uma forte influência marinha. As amostras ERV1.12 encontram-se sob a influência directa das marés e pode explicar os valores obtidos.

Os valores das concentrações em Cr presentes na água da ribeira da Ervilheira variam entre 3 e 6 µg/l, todas as amostras estão em conformidade com o Decreto-Lei nº239/98 relativo aos valores máximos admissíveis para água destinada à rega (20 mg/l) e ao valor recomendado para os objectivos ambientais da qualidade mínima para águas superficiais. Estes valores podem ter origem nas indústrias presentes na bacia da ribeira nomeadamente, oficinas mecânicas. Os valores na sua maioria são superiores aos estabelecidos para as águas de superfície da Europa (0,38 µg/l). Segundo Vos et al., 2006 os valores registados em águas de superfície, no âmbito do Projecto FOREGS variaram entre <0,01 e 43.3 µg/l.

Relativamente às concentrações de Cu constata-se que todas as amostras estão em conformidade com o Decreto-Lei nº236/98 para a qualidade da água destinada à rega (5,0 mg/l) e para o valor recomendado para os objectivos ambientais de qualidade mínima para águas superficiais (0,1 mg/l). O valor mais baixo encontra-se na nascente (ERV1.11), local onde se encontram campos de cultivo com plantação de leguminosos e vinhas. Os valores registados encontram-se dentro da gama de concentrações registadas para águas de superfície na Europa (0.08 a 14.6 µg/l) encontrando-se, contudo, claramente acima dos valores medianos estabelecidos para esta variável (0.88 µg/l).

As concentrações de Fe variam entre 11 e 21  $\mu\text{g/l}$  para a primeira campanha de amostragem não excedendo o valor máximo para águas destinadas à rega (5,0 mg/l) e o valor limite de emissão na descarga de águas residuais (2,0 mg/l). Comparando os valores obtidos com os valores estabelecidos pelo Projecto FOREGS (De Vos et al. 2006) constata-se que os valores registados se encontram abaixo do valor estabelecido (67 mg/l) e enquadram-se dentro da gama de variação obtida (1 a 4820  $\mu\text{g/l}$ ).

Quanto à conformidade com o Decreto-Lei nº 236/98 para a concentração de Li presentes na água da ribeira da Ervilheira constata-se que todas as amostras encontram-se em conformidade com o valor máximo admissível para águas destinadas à rega (5,8 mg/l). Os valores obtidos são superiores aos estabelecidos para as águas superficiais da Europa (2.1  $\mu\text{g/l}$  – De Vos et al., 2006) enquadrando-se, no entanto, dentro da gama de variação obtida para as águas superficiais (<0,1 a 356  $\mu\text{g/l}$ ).

Relativamente às concentrações de Mn verifica-se que os valores de montante para jusante aumentam muito passando de 0,4  $\mu\text{g/l}$  para 6  $\mu\text{g/l}$ , mesmo com este valor tão elevado no ponto junto à foz a água pode ser utilizada para rega (VMA = 10 mg/l). O valor elevado registado na foz pode ser causador do odor tão intenso que está presente na galeria da ribeira. Todos os pontos, apresentam valores inferiores aos registados para as águas europeias (15,9  $\mu\text{g/l}$  – De Vos et al., 2006).

Todas as concentrações de Ni presentes nas amostras encontram-se em conformidade com o Decreto-Lei nº236/98 relativo ao valor máximo admissível para a qualidade da água destinada à rega e para o valor limite de emissão na descarga de águas residuais. Os valores registados são inferiores ao valor mediano de 1,91  $\mu\text{g/l}$  definido para as águas superficiais da Europa. Refira-se que De Vos et al., 2006 obtiveram valores, para as águas superficiais, que variaram de 0,03 a 24,6  $\mu\text{g/l}$ .

Pela análise do Quadro 4.14 verifica-se que os valores das concentrações em P são variáveis ao longo do traçado da ribeira; na nascente podemos encontrar o valor mais baixo (24  $\mu\text{g/l}$ ) e o ponto junto à foz apresenta um valor extremamente elevado (1365  $\mu\text{g/l}$ ). As amostras mais próximas da foz excedem o valor recomendado para os objectivos ambientais de qualidade mínima para águas superficiais (1,0 mg/l). A presença de valores tão elevados no ponto junto à foz para as duas campanhas de amostragem pode estar na origem de produtos utilizados a montante na agricultura ou na descarga de águas com detergentes.



Relativamente às concentrações de Pb presentes nas amostras pode-se constatar que não há evolução ao longo do traçado da ribeira e todos os pontos apresentam concentrações abaixo do limite de detecção. As concentrações registadas inserem-se dentro da gama de variação obtida para as águas superficiais europeias (0.005 a 6.37 µg/l).

Os valores de Rb variam entre 7 e 11 mg/l encontrando-se o valor mais elevado na nascente da ribeira e o mais baixo no ponto próximo da foz. No ponto junto à foz para as duas campanhas de amostragem verifica-se que houve um aumento gradual na segunda campanha de amostragem que se realizou num período de chuva. Comparando os valores obtidos com o valor mediano definido para as águas superficiais da Europa (1.32 mg/l) verifica-se que todas as amostras apresentam um valor inferior. Todos os valores amostrados enquadram-se dentro da gama de valores obtidas para as águas superficiais europeias (<0,1 a 112 µg/l).

Todos os valores amostrados apresentam concentrações de Se mais baixas que o valor máximo admissível para águas destinadas à rega (0,05 mg/l). Os valores mais baixos encontram-se junto à foz da ribeira, na primeira campanha esse local estava sujeito à influência da maré. Os valores obtidos inserem-se dentro da gama de valores registados para águas superficiais da Europa (<0,01 a 7,63 µg/l), mas encontram-se claramente acima do valor mediano estabelecido para as mesmas águas (0,34 µg/l).

Os valores das concentrações de Si na ribeira da Ervilheira são extremamente elevados variando entre 7464 e 8158 µg/l; o valor mais baixo ocorre na nascente da ribeira e o mais elevado no ponto mais próximo da foz. Da comparação do ponto junto à foz para as duas campanhas de amostragem constata-se que houve um aumento muito significativo no valor da concentração de silício na água da ribeira da Ervilheira. Os valores registados podem ser considerados normais tendo em atenção a gama o valor mediano estabelecido para as águas superficiais europeias (8,03 mg/l).

Relativamente aos valores de Sr constata-se que os valores são mais elevados no ponto junto à foz, podendo estar relacionados com a influência da maré; que neste local na altura de preia-mar “invade” o canal da ribeira enriquecendo o valor de Sr. Todas as amostras apresentam valores superiores ao valor mediano de Sr para águas superficiais europeias (0,11 mg/l). Refira-se, no entanto, que os valores enquadram-se dentro da gama de valores obtida para as águas superficiais (0.001 a 13.6 mg/l).

Os valores das concentrações de V para as duas campanhas de amostragem encontram-se em conformidade com o Decreto-Lei nº236/98 para a qualidade da água destinada à rega (1,0 mg/l). Os valores obtidos, para esta ribeira, podem ser considerados normais.

Em relação às concentrações de Zn constata-se que os valores aumentam muito de montante para jusante. Todas as amostras de água encontram-se dentro do valor máximo admissível para a qualidade de águas destinadas à rega (10 mg/l) e não excedem os valores para os objectivos ambientais de qualidade mínima para águas superficiais (0,50 mg/l). O valor mediano estabelecido por De Vos et al., 2006 para esta variável é de 2.68 mg/l (os valores variam entre 0.01 a 310 µg/l).

### 4.2.3.3 Parâmetros bacteriológicos

O Quadro 4.15 apresenta os resultados das concentrações em coliformes fecais relativos às amostras da ribeira da Ervilheira (ERV).

**Quadro 4.15 – Concentração de Coliformes Fecais (Nº/100 mL) nas amostras de água da ribeira da Ervilheira (ERV).**

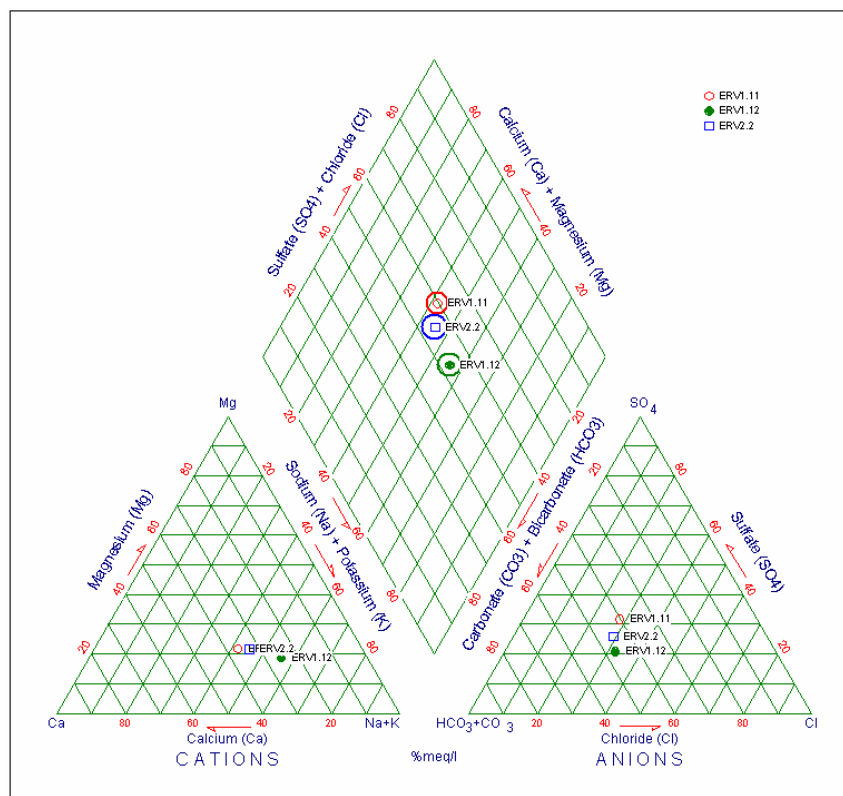
Referência	Data Amostragem	Classificação	Col. Fecais (Nº /100 mL)
ERV1.11	25-1-07	Nascente 1	1773
ERV1.12	25-1-07	Foz	3,5*10 <sup>5</sup>
ERV2.2	11-6-07	Foz	3,3*10 <sup>5</sup>

A contaminação fecal na ribeira da Ervilheira, aumenta à medida que se caminha de montante para jusante. A amostra colhida a jusante da ribeira (ERV1.12) apresenta valores muito superiores à amostra colhida a montante (1773 UF/100ml), o que indica forte contaminação fecal por parte das águas residuais domésticas, oriundas provavelmente de ligações clandestinas às águas pluviais.

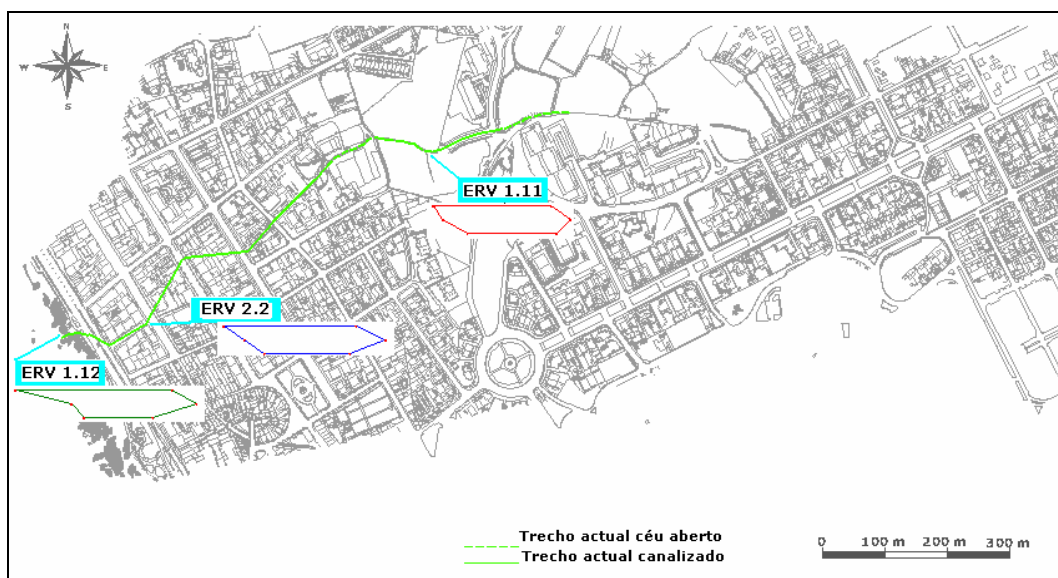
A nascente desta ribeira (ERV 1.11) apresenta valores dentro dos admissíveis pelo Decreto – Lei nº236/98 para águas destinadas à rega (VMA=2000UF/100ml); a foz apresenta valores que ultrapassam em muito os impostos pela lei.

### 4.2.3.4 Classificação das águas de acordo com os diagramas de Piper e Stiff

A ribeira da Ervilheira, tal como a ribeira de Nevogilde, apresenta como catião dominante o sódio. No entanto, constatou-se que o bicarbonato é o anião que predomina nesta ribeira (Figura 4.5). Comparativamente ao ponto em comum nas duas campanhas de amostragem pode-se verificar que a amostra ERV1.12 é do tipo sódica, enquanto que a amostra ERV2.2 cai sobre o domínio sódico cálcica.



**Figura 4.5 – Diagrama de Piper para a Ribeira de Ervilheira**



**Figura 4.6 – Diagramas de Stiff para a Ribeira da Ervilheira**

Em termos de disposição espacial, através da observação do diagrama de Stiff (Figura 4.6), verifica-se que as águas da ribeira da Ervilheira nas duas amostragens são fundamentalmente bicarbonatadas sódicas.

### 4.2.4 Ribeira da Asprela

#### 4.2.4.1 Parâmetros físico-químicos

A Quadro 4.16 apresenta os valores de temperatura, pH e condutividade registados nos pontos de amostragem da ribeira da Asprela (ASP).

**Quadro 4.16 – Valores de temperatura obtidos para a ribeira da Asprela (ASP).**

Referência	Data Amostragem	Classificação	Temperatura	pH	Condutividade
			(°C)		(μS/cm)
ASP1.18	25-1-07	Montante	17,5	5,7	424
ASP1.17	25-1-07	Intersecção	15,9	6,8	522
ASP1.16	25-1-07	Nascente	12,9	7,4	628
ASP1.14	25-1-07	Intersecção	15,6	7,1	598
ASP1.15	25-1-07	Nascente	14,5	7,1	480
ASP1.20	25-1-07	Intersecção	15,1	7,3	526
ASP1.19	25-1-07	Nascente	16,8	7,5	736
ASP1.13	25-1-07	Foz	15,7	7,3	620
ASP2.5	11-6-07	Foz	20,8	7,2	577

Da análise do Quadro 4.16 verifica-se que a temperatura da água nas amostras da ribeira da Asprela variou de 12,9 a 17,5°C. O valor mais elevado de temperatura foi registado na segunda campanha (ASP2.5) já que esta se realizou no mês de Junho. Os pontos ASP1.14, ASP1.15 e ASP1.20, apresentam uma temperatura mais baixa que os restantes, devido a se localizarem num local sombrio, promovido pela galeria ripícola.

Os valores são sempre inferiores aos valores estabelecidos para os objectivos de qualidade mínima para águas superficiais (VMA de 30°C).

Relativamente ao parâmetro pH é possível observar que os valores são maioritariamente superiores a 7, com excepção das amostras ASP1.18 e ASP1.17 que apresentam um carácter ligeiramente ácido. Os valores registados de pH estão dentro dos limites legais para águas superficiais ( $5 < \text{pH} < 9$ ). Tratando-se o ponto ASP1.18 de um lavadouro público a água neste local pode ser utilizada para rega, pois o pH neste ponto enquadra-se dentro dos valores máximos recomendáveis para este fim. Por outro lado, sendo este lavadouro um lugar público convém avaliar a sua qualidade no que se refere ao consumo humano. Tendo em consideração este aspecto pode-se afirmar que relativamente a este parâmetro a água do local de amostragem ASP1.18 pode ser utilizada para consumo já que os valores se encontram dentro do limite estabelecido ( $6.5 < \text{pH} < 8.5$  – Decreto – Lei 236/98, Anexo VI).

## CAPÍTULO 4 – CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA E BACTERIOLÓGICA

O Quadro 1.16 evidencia que os valores de condutividade variam entre 480 e 736  $\mu\text{S}/\text{cm}$ . O valor mais elevado (ASP1.19=736  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ) foi registado nas proximidades da Faculdade de Medicina Dentária. Neste ponto foi assinalada a presença de alguns resíduos em suspensão. O valor de condutividade registado no ponto de amostragem ASP1.18 (lavadouro público) inviabiliza, de acordo com o valor estabelecido pelo Decreto – Lei nº236/98, Anexo VI; a sua utilização para consumo humano.

### 4.2.4.2 Parâmetros químicos

O Quadro 4.17 apresenta os resultados das concentrações de  $\text{HCO}_3^-$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$  e  $\text{NO}_2^-$  relativos às amostras da ribeira da Asprela (ASP).

**Quadro 4.17 – Concentrações de  $\text{HCO}_3^-$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$  e  $\text{NO}_2^-$  nas amostras de água da ribeira da Asprela (ASP).**

Referência	Data Amostragem	Classificação	$\text{HCO}_3^-$ mg/L	$\text{Cl}^-$ mg/L	$\text{NO}_3^-$ mg/L	$\text{SO}_4^{2-}$ mg/L	$\text{NO}_2^-$ $\mu\text{g}/\text{L}$
ASP1.18	25-1-07	Montante	30	31	68	40	0
ASP1.17	25-1-07	Intersecção	148	34	19	39	7200
ASP1.16	25-1-07	Nascente	108	52	23	45	8800
ASP1.14	25-1-07	Intersecção	118	42	1	39	1200
ASP1.15	25-1-07	Nascente	79	58	37	19	4200
ASP1.20	25-1-07	Intersecção	99	44	25	37	5100
ASP1.19	25-1-07	Nascente	641	66	1	22	0
ASP1.13	25-1-07	Foz	227	41	1	33	100
ASP2.5	11-6-07	Foz	217	52	1	51	35

Tendo em consideração os resultados apresentados no Quadro 4.17 constata-se que as amostras de água da ribeira da Asprela apresentam concentrações de bicarbonatos entre 30 e 641 mg/l. O valor mais elevado (641 mg/l) regista-se na amostra ASP1.19 que se encontra nas proximidades da Faculdade de Medicina Dentária e o valor mais baixo localiza-se num lavadouro público na Rua do Professor Mendes Correia. Ao longo de todo o traçado da ribeira verificam-se oscilações nos valores das concentrações de bicarbonatos.

As concentrações de cloretos estão dentro dos limites do DL 236/98 para águas de rega (VMR=70 mg/l), assim como para os objectivos ambientais de qualidade mínima para águas superficiais (250 mg/l).

Os resultados obtidos para os nitratos (Quadro 4.17) mostram que os valores limites para águas de rega foram ultrapassados apenas no ponto ASP1.18, enquadrando-se os restantes valores dentro do limite (VMR=70mg/l) imposto pelo Decreto-Lei nº 236/98.

Como já foi referido anteriormente o ponto de amostragem ASP1.18 é um lavadouro público, a concentração em nitratos deste ponto de amostragem ultrapassa os valores máximos admissíveis (VMA= 50mg/l) pelo que não é aconselhável o seu uso para consumo humano. O valor elevado em nitrato (ASP1.18), pode ser justificado pelo uso de fertilizantes azotados aplicados ao solo ou pela presença de efluentes e resíduos industriais, agrícolas e domésticos descarregados a montante deste ponto, que vão sendo objecto de processos degradativos, em condições aeróbias e oxidativas.

Quanto às concentrações em sulfatos (Quadro 4.17) o ponto de amostragem ASP2.5 (correspondente à 2ª campanha de amostragem realizada na foz desta ribeira) apresenta o valor mais elevado (51 mg/l). Todos os valores registados na 1ª campanha encontram-se dentro dos valores máximos recomendados para águas destinadas à rega (DL 236/98 – Anexo XVI) assim como para os objectivos ambientais de qualidade mínima para águas superficiais (250mg/l).

Relativamente aos valores da concentração em nitritos presentes na água da ribeira da Asprela pode-se constatar que os valores são extremamente variáveis ao longo de todo o traçado da ribeira, podendo variar entre 0 e 8800 µg/l. O valor mais elevado verifica-se no ponto ASP1.16 que se localiza perto de um armazém de material ferroso. Apesar dos valores elevados ao longo de maior parte do traçado da ribeira, na foz regista-se um valor baixo (100 µg/l).

O Quadro 4.18 apresenta os resultados das concentrações de Na, K, Mg, Ca e NH<sub>4</sub> relativos às amostras da ribeira da Asprela (ASP).

Da análise do Quadro 4.18 podemos concluir que na ribeira da Asprela as concentrações de sódio variam entre 36 e 69 mg/l. Comparativamente aos valores registados no ponto de amostragem junto à foz nas duas campanhas de amostragem, podemos concluir que houve uma ligeira descida na concentração de sódio, que se poderá dever à precipitação que ocorreu nos dias anteriores à amostragem. O valor de sódio mais baixo encontra-se a céu aberto num lavadouro público e o valor mais elevado está canalizado numa zona universitária, perto da Faculdade de Medicina dentária.

## CAPÍTULO 4 – CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA E BACTERIOLÓGICA

**Quadro 4.18 – Concentrações de  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Ca}^{2+}$  e  $\text{NH}_4^+$  nas amostras de água da ribeira da Asprela (ASP).**

Referência	Data Amostragem	Classificação	Na mg/L	K mg/L	Mg mg/L	Ca mg/L	NH4 μg/L
ASP1.18	25-1-07	Montante	36	6	7	32	0
ASP1.17	25-1-07	Intersecção	46	10	7	30	13100
ASP1.16	25-1-07	Nascente	62	13	9	34	9200
ASP1.14	25-1-07	Intersecção	56	12	8	33	15700
ASP1.15	25-1-07	Nascente	54	10	8	23	1200
ASP1.20	25-1-07	Intersecção	50	11	10	36	6200
ASP1.19	25-1-07	Nascente	69	41	8	30	37300
ASP1.13	25-1-07	Foz	51	12	10	35	21200
ASP2.5	11-6-07	Foz	48	11	11	35	16200

Relativamente ao potássio podemos verificar pelo Quadro 4.18 que aparece um valor que se destaca de todos os outros. Em todos os pontos as concentrações do potássio situam-se na casa dos 10 mg/L com excepção do ponto de amostragem ASP1.19 que em relação a outras amostras é extremamente elevado (41 mg/l), como já referi anteriormente este ponto localiza-se junto a uma Faculdade de Medicina Dentária.

Quanto às concentrações em magnésio (Quadro 4.18) o ponto de amostragem ASP2.5 apresenta o valor mais elevado (11 mg/l). Todos os outros pontos no percurso da ribeira apresentam valores de concentrações em magnésio baixos (entre 7 e 10 mg/l).

As concentrações de cálcio presentes nas águas da ribeira da Asprela (Quadro 4.18) varia entre 23 e 36 mg/l, sendo mais elevado no ponto de amostragem ASP1.20, que se localiza na intersecção de todos os troços da ribeira, ou seja, a partir deste ponto a ribeira segue o seu traçado até à foz num único troço. Este ponto encontra-se a céu aberto perto do pólo universitário, localizando-se naquele local uma Faculdade de Medicina Dentária como já referi anteriormente. O ponto com concentrações em cálcio mais baixa (ASP1.15 =23 mg/l) também se encontra a céu aberto perto do pólo universitário.

Relativamente aos valores do azoto amoniacal presentes na água da ribeira da Asprela podemos concluir que todos os valores são extremamente elevados, com excepção do ponto ASP1.18 sendo este valor nulo, apenas este ponto não excede o valor limite para os objectivos mínimos para águas superficiais (1 mg/l) e juntamente com os pontos ASP1.16, ASP1.15 e ASP1.20 não excedem o valor limite de emissão na descarga de águas residuais (10 mg/l) do Decreto – Lei nº 236/98.

## CAPÍTULO 4 – CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA E BACTERIOLÓGICA

Estes valores indicam a contaminação da ribeira por descargas de esgotos domésticos, ou de algumas descargas industriais, a montante dos pontos de amostragem, assim como a descarga do Hospital S. João e do IPO (Instituto Português de Oncologia) que descarregavam na altura da amostragem as suas águas residuais para a ribeira.

O Quadro 4.19 apresenta os resultados das concentrações dos metais pesados (Al, As, B, Ba, Br, Cr, Cu, Fe, Li, Mn, Ni, P, Pb, Rb, Se, Si, Sr, V, Zn) relativos às amostras da ribeira da Asprela (ASP).

**Quadro 4.19 – Concentrações de Al, As, B, Ba, Br, Cr, Cu, Fe, Li, Mn, Ni, P, Pb, Rb, Se, Si, Sr, V, Zn nas amostras de água da ribeira da Asprela (ASP).**

Referência		ASP1.18	ASP1.17	ASP1.16	ASP1.14	ASP1.15	ASP1.20	ASP1.19	ASP1.13	ASP2.5
Data da Amostragem		01-2-07	01-2-07	01-2-07	01-2-07	01-2-07	01-2-07	01-2-07	01-2-07	11-6-07
Classificação		Nascente	Intersecção	Nascente	Intersecção	Nascente	Intersecção	Nascente	Foz	Foz
Al	µg/l	27	28	4	13	19	6	130	16	12
As	µg/l	1	4	2	4	2	3	3	4	4
B	µg/l	173	151	253	150	95	113	152	112	124
Ba	µg/l	45	22	21	23	56	34	15	27	30
Br	µg/l	172	167	251	228	190	260	138	235	318
Cr	µg/l	2	8	6	7	4	7	18	13	4
Cu	µg/l	0,3	2	2	2	1	2	7	2	3
Fe	µg/l	I.d.	34	70	14	I.d.	22	89	11	15
Li	µg/l	2	7	2	8	8	6	7	7	7
Mn	µg/l	80	2	1	4	0,3	0,3	61	1	11
Ni	µg/l	I.d.	1	0,2	1	1	0,4	1	1	1
P	µg/l	I.d.	1221	525	1504	225	483	4816	2419	2385
Pb	µg/l	I.d.	I.d.	I.d.	I.d.	I.d.	I.d.	0.8	I.d.	I.d.
Rb	µg/l	11	20	25	23	31	25	26	21	21
Se	µg/l	1	1	1	1	1	2	3	2	1
Si	µg/l	5020	5739	5767	6430	6835	6684	6879	7169	7151
Sr	µg/l	93	119	140	128	117	162	137	165	206
V	µg/l	0,2	1	1	1	2	1	1	1	1
Zn	µg/l	3	17	6	24	32	12	49	24	37

Da análise do Quadro 4.19 constata-se que as concentrações de Al apresentam variações significativas entre os diferentes pontos de amostragem. Todas as amostras encontram-se abaixo dos valores máximos admissíveis para a qualidade da água destinada à rega (20 mg/l). O ponto ASP1.14 corresponde à intersecção dos pontos ASP1.18, ASP1.17 e ASP1.16 o que justifica a obtenção de um valor intermédio às restantes amostras. As amostras ASP1.18, ASP1.17, ASP1.15 e ASP1.19 excedem o valor 18 µg/l considerado como o valor mediano para águas de superfície na Europa (projecto FOREGS, De Vos et al., 2006).



Relativamente às concentrações de As podemos verificar (pelo Quadro 4.19) que os valores oscilam entre 1 e 4  $\mu\text{g/l}$  em todo o traçado da ribeira. O valor mais baixo (1  $\mu\text{g/l}$ ), corresponde a um lavadouro público e o valor mais elevado 4  $\mu\text{g/l}$  corresponde à amostra recolhida na segunda campanha de amostragem (ASP2.5). O valor mediano estabelecido por De Vos et al., 2006 é de 0,63  $\mu\text{g/l}$  (podendo variar entre <0.01 a 27  $\mu\text{g/l}$ ).

Relativamente às concentrações de B presentes nas águas da ribeira da Asprela, podemos verificar que todos os valores encontram-se dentro do valor máximo admissível para água de rega (3,75 mg/l), sendo que o valor mais elevado corresponde a um ponto (ASP1.16) cuja linha de água atravessa um armazém de material ferroso. A comparação dos valores registados no ponto de amostragem junto à foz (ASP1.13 e Asp2.5) para os dois períodos de amostragem permite concluir que houve um aumento ligeiro do valor de boro na água. Todos os valores obtidos são superiores aos estabelecidos por De Vos et al., 2006 para as águas de superfície da Europa no âmbito do Projecto FOREGS (15.6  $\mu\text{g/l}$ ) ou para as águas de superfície a nível mundial (20  $\mu\text{g/l}$ ). Valores elevados de B são frequentemente encontrados em linhas de água afectadas por esgotos podendo ser frequentemente associada a actividade industrial e/ou agrícola.

Em relação às concentrações de Ba, os valores registados variam entre 15 e 56  $\mu\text{g/l}$  (Quadro 4.19). Quanto à conformidade do Decreto-Lei nº236/98 para águas destinadas à rega (Anexo XVI), verifica-se que todos os valores são inferiores ao valor máximo recomendado. O valor mais elevado regista-se num ponto (ASP1.15) que se localiza muito próximo Faculdade de Engenharia Universidade do Porto (FEUP) e de um núcleo de habitações que provavelmente não estão ligadas ao colectador de águas residuais mas sim à ribeira. Da análise dos valores podemos verificar que os valores obtidos são, na maioria dos casos, superiores aos valores medianos estabelecidos para as águas de superfície da Europa (24,9  $\mu\text{g/l}$ ) ou para as águas a nível mundial (30  $\mu\text{g/l}$ ) (De Vos et al., 2006).

Relativamente às concentrações de Br verifica-se que os valores variam entre 138 e 318  $\mu\text{g/l}$ ; o valor mais baixo ocorre num ponto que se encontra canalizado em que a água vem do lado das faculdades em que já traz algum cheiro a saneamento, o mais elevado corresponde ao ponto junto à foz na segunda campanha de amostragem. Refira-se que todos os valores obtidos são significativamente elevados quando comparados com os valores medianos estabelecidos pelo Projecto FOREGS (0.01 mg/l - De Vos et al., 2006). Segundo estes autores é frequente encontrar valores elevados de Br em linhas de água cujos sedimentos tenham uma forte influência marinha o que não acontece nesta ribeira.

Os valores das concentrações de Cr são muito variáveis ao longo de todo o traçado da ribeira. Todos os pontos de amostragem encontram-se em conformidade com o Decreto-Lei nº236/98 para águas destinadas à rega (20 mg/l) e para os objectivos ambientais de qualidade mínima para águas superficiais (0,05 mg/l). Os valores são todos superiores aos estabelecidos para as águas de superfície da Europa (0,38 µg/l). Segundo Vos et al., 2006 os valores registados em águas de superfície, no âmbito do Projecto FOREGS variaram entre <0,01 e 43.3 µg/l.

Todas as concentrações de Cu presentes na ribeira da Asprela encontram-se dentro do valor limite de emissão na descarga de águas residuais (0,10 mg/l) e do valor recomendado para os objectivos ambientais de qualidade mínima para águas superficiais (0,10 mg/l). O valor mais elevado corresponde ao ponto ASP1.19 em que a água vem num colector de águas pluviais que passa por diversas faculdades nomeadamente a Faculdade de Medicina Dentária. Os valores registados encontram-se dentro da gama de concentrações registadas para águas de superfície na Europa (0.08 a 14.6 µg/l) encontrando-se, contudo, claramente acima dos valores medianos estabelecidos para esta variável (0.88 µg/l) com excepção da amostra ASP1.18.

Relativamente às concentrações de Fe presentes na água da ribeira da Asprela constata-se que os valores variam entre <10 e 89 µg/l. De entre todas as amostras existem duas que se destacam pelo seu elevado valor em ferro, ASP1.16 que atravessa um armazém de material ferroso e ASP1.19 que como já referi vem do pólo Universitário. Comparando os valores obtidos com os valores estabelecidos pelo Projecto FOREGS (De Vos et al. 2006) constata-se que todas as amostras encontram-se abaixo do valor estabelecido (67 mg/l) e enquadram-se dentro da gama de variação obtida (1 a 4820 µg/l).

Relativamente aos valores das concentrações em Li constata-se que ao longo de toda a ribeira existe alterações significativas. Os valores mais elevados ocorrem junto de pólo Universitários que provavelmente não se encontram devidamente ligados ao sistema de águas residuais domésticas. Os valores de Li obtidos são com excepção das amostras ASP1.18 e ASP1.16 ligeiramente superiores aos estabelecidos para as águas superficiais da Europa (2.1 µg/l – De Vos et al., 2006) enquadrando-se, no entanto, dentro da gama de variação obtida para as águas superficiais (<0.1 a 356 µg/l).

Quanto à, conformidade das concentrações de Mn, com o Decreto-Lei nº236/98 para o valor limite de emissão na descarga de águas residuais verifica-se que todas as amostras não excedem esse valor (2,0 mg/l), Todos os pontos à excepção de ASP1.18 e ASP1.19,

apresentam valores semelhantes aos registados para as águas europeias (15,9 µg/l – De Vos et al., 2006).

Todas as amostras apresentam valores de concentrações em Ni inferiores às estabelecidas para a qualidade da água destinada à rega e para o valor limite de emissão na descarga de águas residuais (2,0 mg/l) assim como para o valor recomendado para os objectivos ambientais de qualidade mínima para águas superficiais (0,05 mg/l). Todos os valores registados são inferiores ao valor mediano de 1,91 µg/l definido para as águas superficiais da Europa. Refira-se que De Vos et al., 2006 obtiveram valores, para as águas superficiais, que variaram de 0,03 a 24,6 µg/l.

Os valores das concentrações em P presentes na ribeira da Asprela são extremamente variáveis ( $20 \leq P \leq 4900$ ); não excedendo o valor limite de emissão na descarga de águas residuais (10 mg/l). Quanto ao valor recomendado para os objectivos ambientais de qualidade mínima para águas superficiais (1,0 mg/l) pode-se verificar que apenas as amostras ASP1.18, ASP1.16, ASP1.15 E ASP1.20 não ultrapassam esse valor.

Relativamente às concentrações de Pb presentes nas águas da ribeira da Asprela podemos constatar que a maioria das amostras apresenta valores abaixo do limite de detecção. Os valores amostrados encontram-se em conformidade com o valor máximo recomendado para a qualidade da água destinada à rega (5,0 mg/l) e com o valor limite de emissão na descarga de águas residuais (1,0 mg/l). As concentrações registadas inserem-se dentro da gama de variação obtida para as águas superficiais europeias (0.005 a 6.37 µg/l).

Os valores das concentrações de Rb variam entre 11 e 31 µg/l; o valor mais baixo localiza-se num ponto (ASP1.18) a céu-aberto que corresponde a um lavadouro público e o mais elevado (ASP1.15) é um ponto em que a água encontra-se numa galeria em betão e vem na direcção da Faculdade de Engenharia Universidade do Porto (FEUP). Comparando os valores obtidos com o valor mediano definido para as águas superficiais da Europa (1.32 mg/l) verifica-se que todas as amostras apresentam um valor inferiores enquadrando-se dentro da gama de valores obtidas para as águas superficiais europeias (<0,1 a 112 µg/l).

Todas as amostras apresentam valores de concentrações de Se inferiores ao valor máximo admissível para águas destinadas à rega. Os valores não são muito variáveis ao longo de toda a ribeira mas o ponto ASP1.19 destaca-se dos restantes pelo seu valor mais elevado (2,8 mg/l). Os valores obtidos inserem-se dentro da gama de valores

registados para águas superficiais da Europa (<0,01 a 7,63 µg/l), mas encontram-se claramente acima do valor mediano estabelecido para as mesmas águas (0,34 µg/l).

Relativamente à concentração de Si presentes na água da ribeira da Asprela, constata-se que os valores vão aumentando gradualmente de montante para jusante até atingirem o valor mais elevado no ponto junto à foz. Os valores registados podem ser considerados normais tendo em atenção a gama o valor mediano estabelecido para as águas superficiais europeias (8,03 mg/l).

Os valores das concentrações de Sr presente na água variam entre 93,21 e 205,62 µg/l, apenas o ponto ASP1.18 (lavadouro público) apresenta um valor inferior a 100 µg/l todos os restantes são muito superiores. A comparação dos valores registados para o ponto junto à foz para os dois períodos de amostragem permite constatar que houve um aumento significativo da concentração de Sr. Todas as amostras exceptuando ASP1.18 apresenta valores superiores ao valor mediano de Sr para águas superficiais europeias (0,11 mg/l). Refira-se, no entanto, que todos os valores enquadram-se dentro da gama de valores obtida para as águas superficiais (0.001 a 13.6 mg/l).

As concentrações de V variam entre 0,2 e 2 mg/l, o valor mais baixo foi colhido no lavadouro público (ASP1.18) e o valor mais elevado corresponde a um ponto que se localiza próximo da Faculdade de Engenharia Universidade do Porto (FEUP).

Todas as amostras apresentam concentrações de Zn inferiores ao valor recomendado para os objectivos ambientais de qualidade mínima para águas superficiais (0,05 mg/l). O valor mediano estabelecido por De Vos et al., 2006 para esta variável é de 2.68 mg/l (os valores variam entre 0.01 a 310 µg/l).

### **4.2.4.3 Parâmetros bacteriológicos**

O Quadro 4.20 apresenta os resultados das concentrações em coliformes fecais relativos às amostras da ribeira da Asprela (ASP). Na ribeira da Asprela, tal como acontece na ribeira de Aldoar, todos os valores, quer os da 1ª quer os da 2ª campanha, (Quadro 4.20) não se encontram em conformidade com o Decreto – Lei nº236/98, para águas destinadas à rega (VMR=100 UF/100ml). Como podemos verificar todos os valores apresentados são extremamente elevados, denunciando uma forte contaminação fecal ao longo de toda a ribeira. A amostra que se encontra a céu aberto (ASP1.14) apresenta o valor mais elevado de coliformes fecais. Na foz da ribeira verifica-se novamente um aumento dos valores, indicando uma forte contaminação associada às habitações que se localizam nas imediações da ribeira.

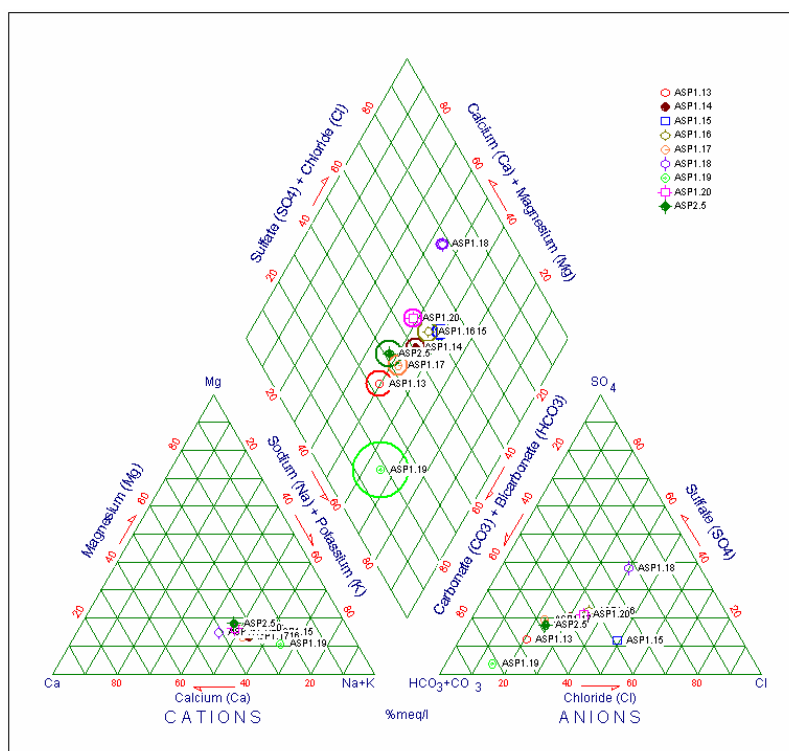
## CAPÍTULO 4 – CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA E BACTERIOLÓGICA

**Quadro 4.20 – Concentração de Coliformes Fecais (Nº/100 ml) nas amostras de água da ribeira de Asprela (ASP).**

Referência	Data Amostragem	Classificação	Col. Fecais (Nº /100 ml)
ASP1.18	25-1-07	Montante	$4,4 \cdot 10^3$
ASP1.17	25-1-07	Intersecção	$4,5 \cdot 10^5$
ASP1.16	25-1-07	Nascente	$4,1 \cdot 10^3$
ASP1.14	25-1-07	Intersecção	$2,7 \cdot 10^7$
ASP1.15	25-1-07	Nascente	$1,3 \cdot 10^5$
ASP1.20	25-1-07	Intersecção	$9,7 \cdot 10^4$
ASP1.19	25-1-07	Nascente	$7,8 \cdot 10^6$
ASP1.13	25-1-07	Foz	$5,0 \cdot 10^6$
ASP2.5	11-6-07	Foz	$2,2 \cdot 10^6$

### 4.2.4.4 Classificação das águas de acordo com os diagramas de Piper e Stiff

Na caracterização hidroquímica das águas da ribeira da Asprela, verifica-se que a maioria das águas amostradas são bicarbonatadas sódicas (Figura 4.7).



**Figura 4.7 – Diagrama de Piper para a Ribeira da Asprela**

No entanto, constatou-se que das sete amostras bicarbonatadas três caem sobre o domínio: carbonatada cloretada. De referir ainda a presença de algumas águas com características cloretadas sódicas (ASP1.18 e ASP1.15).

Do ponto em comum nas duas campanhas de amostragem, verifica-se que as duas amostras (ASP1.13 e ASP2.5) caem sobre o domínio principal (bicarbonatada sódica).

Através da observação dos diagramas de Stiff (Figura 4.8) confirma-se que as águas da ribeira da Asprela são na sua maioria bicarbonatadas sódicas.

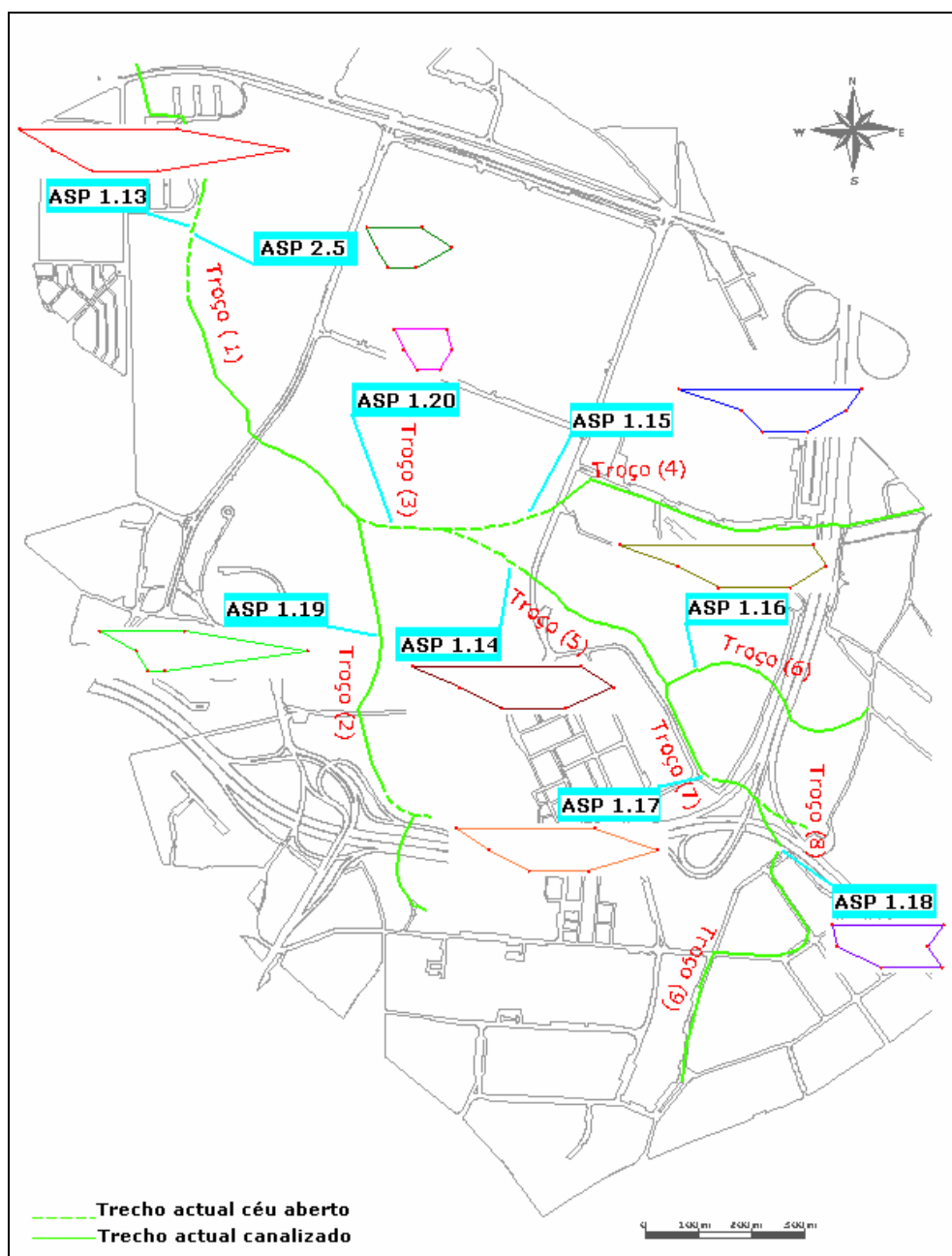


Figura 4.8 – Diagrama de Stiff para a Ribeira da Asprela

**4.2.5 Rio Tinto****4.2.4.1 Parâmetros físico-químicos**

O Quadro 4.21 apresenta os valores de temperatura, pH e condutividade registados nos pontos de amostragem do rio Tinto (TIN).

**Quadro 4.21 – Valores de temperatura, pH e condutividade obtidos para o rio Tinto (TIN).**

Referência	Data Amostragem	Classificação	Temperatura	pH	Condutividade
			(°C)		(μS/cm)
TIN1.26	25-1-07	Montante	13,7	7,4	483
TIN1.27	25-1-07	2769m da foz	14,4	7,6	607
TIN1.25	25-1-07	678m da foz	14,1	7,3	631
TIN1.24	25-1-07	463m da foz	15,4	7,2	662
TIN1.23	25-1-07	284m da foz	15,6	7,2	651
TIN1.22	25-1-07	253m da foz	16,1	8,0	911
TIN1.21	25-1-07	Foz	14,9	7,2	705
TIN2.1	11-6-07	Foz	21,0	6,9	672

Da análise do Quadro 4.21 observa-se que a temperatura das amostras de água, é sempre inferior aos valores relativos para a qualidade mínima das águas superficiais (VMA de 30°C) e que não há uma variação significativa dos valores ao longo do rio. O valor mais elevado registado no rio Tinto corresponde à amostra colhida mais a jusante (foz do rio Tinto), ocorrendo numa época do ano mais quente do que na 1ª campanha de amostragem.

É possível observar que os valores de pH são sempre superiores a 7, com excepção da amostra TIN2.1 que é pouco inferior a 7 (6,9) mas, todos os valores encontram-se dentro dos valores limites para águas superficiais ( $5 < \text{pH} < 9$ ).

Como o uso da água para este rio se destina à rega para alguns campos agrícolas, a mesma água tem qualidade em termos de pH, já que as amostras apresentam valores de pH dentro dos valores limites recomendados (6,5 – 8,4).

Relativamente aos valores da condutividade constata-se que os valores são inferiores a 1500 μS/cm (INAG, 2006). Os valores mais elevados correm no ponto TIN1.22 (911 μS/cm) correspondendo à descarga da ribeira da Lomba que serve de colector de saneamento de duas indústrias que se localizam a montante desta (perto da Estação Caminhos de Ferro de Campanhã).

### 4.2.5.2 Parâmetros químicos

O Quadro 4.22 apresenta os resultados das concentrações de  $\text{HCO}_3$ ,  $\text{Cl}$ ,  $\text{NO}_3$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$  e  $\text{NO}_2$  relativos às amostras do rio Tinto (TIN).

**Quadro 4.22 – Concentrações de  $\text{HCO}_3$ ,  $\text{Cl}$ ,  $\text{NO}_3$ ,  $\text{SO}_4$  e  $\text{NO}_2$  nas amostras de água do rio Tinto (TIN).**

Referência	Data Amostragem	Classificação	$\text{HCO}_3$ mg/l	$\text{Cl}$ mg/l	$\text{NO}_3$ mg/l	$\text{SO}_4$ mg/l	$\text{NO}_2$ $\mu\text{g/l}$
TIN1.26	25-1-07	Montante	128	42	39	41	2700
TIN1.27	25-1-07	2769m da foz	217	48	20	37	3800
TIN1.25	25-1-07	678m da foz	414	53	5	39	4500
TIN1.24	25-1-07	463m da foz	345	58	12	40	2900
TIN1.23	25-1-07	284m da foz	355	58	14	42	2500
TIN1.22	25-1-07	253m da foz	700	64	7	34	700
TIN1.21	25-1-07	Foz	108	56	3	40	6000
TIN2.1	11-6-07	Foz	217	67	1	36	18000

A análise dos valores do Quadro 4.22 permite-nos afirmar que as amostras de água do rio Tinto apresentam concentrações de bicarbonatos que variam entre 108 e 700 mg/l, variando muito ao longo de todo o traçado do rio. O valor mais elevado (700 mg/l) corresponde a um afluente do rio Tinto (ribeira da Lomba) que “acolhe” os esgotos das indústrias localizadas a montante da sua foz. Os valores vão aumentando, de montante para jusante, até à entrada da água tratada da ETAR do Freixo (TIN1.24). Da comparação dos valores registados no ponto mais próximo da foz para os dois períodos de amostragem, permite concluir que houve um aumento significativo do valor da concentração em bicarbonatos.

Relativamente às concentrações de cloretos que se situam abaixo dos limites estabelecidos (250 mg/l) para os objectivos ambientais de qualidade mínima para águas superficiais (Decreto – Lei nº 236/98, Anexo XXI).

Os resultados relativos à concentração em nitratos, quer os da 1ª campanha quer os da 2ª campanha de amostragem, permitem-nos afirmar que os valores se encontram dentro dos limites legais para águas destinadas à rega (VMR=50 mg/l, Decreto – Lei nº236/98). Pela análise do Quadro 4.22 verifica-se ainda que os valores são muito variáveis em toda a extensão do rio Tinto.

Como as margens do rio Tinto, em maior parte da sua extensão que percorre o concelho do Porto, são utilizadas para cultivo e a sua água é utilizada para rega constata-se que, pela análise dos resultados, que do ponto de vista dos sulfatos estas águas podem ser



utilizadas para esse fim, já que os valores das concentrações relativos à 1ª e 2ª campanha de amostragem se encontram abaixo valor máximo recomendado (VMR=250 mg/l) para águas destinadas á rega. Contudo os valores são inferiores aos recomendados para águas destinadas a rega (VMR=575 mg/l).

Relativamente ao valor das concentrações de nitritos presentes na água do rio Tinto, pode-se constatar que em todos os pontos amostrados os valores são superiores a 2500 µg/l com excepção da amostra TIN1.22 (correspondente à ribeira da Lomba). Os valores decrescem com a entrada da água tratada da ETAR do Freixo (TIN1.24) e sobem novamente no ponto mais a jusante (TIN1.22). O valor mais elevado ocorre, contudo, na 2ª campanha de amostragem (18470 µg/l) que ocorre posteriormente a um dia de chuva.

O Quadro 4.23 apresenta os resultados das concentrações de Na, K, Mg, Ca e NH<sub>4</sub> relativos às amostras do rio Tinto (TIN).

**Quadro 4.23 – Concentrações de Na<sup>+</sup>, K<sup>+</sup>, Mg<sup>2+</sup>, Ca<sup>2+</sup> e NH<sub>4</sub><sup>+</sup> nas amostras de água do rio Tinto (TIN).**

Referência	Data Amostragem	Classificação	Na mg/l	K mg/l	Mg mg/l	Ca mg/l	NH <sub>4</sub> µg/l
TIN1.26	25-1-07	Montante	50	8	10	27	5000
TIN1.27	25-1-07	2769m da foz	58	11	9	26	22100
TIN1.25	25-1-07	678m da foz	61	15	9	28	24500
TIN1.24	25-1-07	463m da foz	73	14	8	27	18200
TIN1.23	25-1-07	284m da foz	73	14	8	28	17900
TIN1.22	25-1-07	253m da foz	89	18	8	25	56100
TIN1.21	25-1-07	Foz	69	13	8	28	15300
TIN2.1	11-6-07	Foz	58	15	10	35	18470

Da análise do Quadro 4.23 verifica-se que os valores de sódio da água registados no rio Tinto nos diferentes locais de amostragem variam entre 50 a 89 mg/l. O valor mais elevado (TIN 1.22) não corresponde propriamente ao rio Tinto mas sim a um afluente, a ribeira da Lomba. Esta ribeira está a servir de colector de águas residuais domésticas e principalmente de águas residuais industriais. Na 1.ª campanha de amostragem verifica-se que ao longo do rio Tinto aumenta a concentração em sódio da água de montante para jusante. O valor registado no ponto de amostragem junto à foz (TIN 1.21 e TIN 2.1) para as duas campanhas de amostragem é mais elevado no período mais seco (Janeiro), já que na 2.ª campanha (Junho) tinha chovido no dia anterior.

Relativamente aos valores de concentração de potássio, na água verifica-se tal como as concentrações de sódio que o valor mais elevado corresponde à ribeira da Lomba (18 mg/l). De montante para jusante os valores de potássio aumentam até ao ponto que se localiza a montante da ETAR do Freixo (TIN 1.25), a partir deste ponto as concentrações vão baixando gradualmente até à foz. Na 2.<sup>a</sup> campanha de amostragem verifica-se que a concentração em potássio subiu ligeiramente em relação à 1.<sup>a</sup> campanha de amostragem. O valor mais elevado em concentração de magnésio localiza-se na parte montante do troço estudado.

Da análise do Quadro 4.23, verifica-se que as concentrações de magnésio vão diminuindo gradualmente até à foz. A comparação dos valores registados no ponto de amostragem junto à foz (TIN 1.21 e TIN 2.1) para os dois períodos de amostragem permitem concluir que houve um ligeiro aumento do valor de magnésio da água.

Ao contrário das concentrações referidas anteriormente para o rio Tinto, a concentração mais elevada de cálcio na água não se verifica no ponto TIN 1.22 (Ribeira da Lomba) mas nos pontos TIN 1.25 (28 mg/l) localizado a montante da ETAR do Freixo, TIN 1.23 e TIN 1.21 (28 mg/l) localizados a jusante da ETAR do Freixo. Comparando os valores registados no ponto de amostragem junto à foz nas duas campanhas de amostragem, verifica-se que o valor mais elevado (35 mg/l) aparece na 2.<sup>a</sup> campanha de amostragem num período quente mas chuvoso (Junho).

Relativamente às concentrações de Azoto Amoniacal da água no rio Tinto verifica-se que em todos os pontos de amostragem os valores excedem o valor limite para os objectivos mínimos para águas superficiais (1 mg/l), mas mais grave ainda excedem o valor limite de emissão na descarga de águas residuais (10 mg/l). Ao longo de todo o traçado estudado do rio Tinto existe uma forte ocupação das margens por cultivos agrícolas que podem estar de certo modo a contaminar toda a água do rio, assim como as descargas clandestinas de águas residuais domésticas que teimam em persistir no rio Tinto. No Quadro 4.23 pode-se ainda verificar que o valor mais elevado para a concentração de Azoto Amoniacal corresponde à ribeira da Lomba. Do ponto TIN 1.26 para o ponto TIN 1.27 que se localiza a jusante da ETAR de Rio Tinto verifica-se uma subida acentuada dos valores que se poderá dever ao mau funcionamento da ETAR.

Para jusante da ETAR do Freixo já se verifica uma descida acentuada dos valores, que se deve à diluição da água da ETAR com a do rio Tinto.

## CAPÍTULO 4 – CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA E BACTERIOLÓGICA

O Quadro 4.24 apresenta os resultados das concentrações dos metais pesados (Al, As, B, Ba, Br, Cr, Cu, Fe, Li, Mn, Ni, P, Pb, Rb, Se, Si, Sr, V, Zn) relativos às amostras do rio Tinto (TIN).

**Quadro 4.24 – Concentrações de Al, As, B, Ba, Br, Cr, Cu, Fe, Li, Mn, Ni, P, Pb, Rb, Se, Si, Sr, V, Zn nas amostras de água do rio Tinto (TIN).**

Referência		TIN1.26	TIN1.27	TIN1.25	TIN1.24	TIN1.23	TIN1.22	TIN1.21	TIN2.1
Data da Amostragem		05-2-07	05-2-07	05-2-07	05-2-07	05-2-07	05-2-07	05-2-07	01-2-07
Classificação		Nascente	2769m da foz	678m da foz	463m da foz	284m da foz	253m da foz	Foz	Foz
Al	µg/l	21	23	21	18	19	186	23	13
As	µg/l	2	4	6	5	5	9	6	7
B	µg/l	148	148	163	154	156	142	149	134
Ba	µg/l	26	15	14	12	12	15	13	11
Br	µg/l	204	188	178	164	171	109	157	270
Cr	µg/l	5	9	12	7	8	22	12	4
Cu	µg/l	8	10	5	5	5	8	3	3
Fe	µg/l	25	33	88	51	41	118	38	13
Li	µg/l	4	3,9	4	4	4	10	4	4
Mn	µg/l	13	11	2	6	7	78	67	86
Ni	µg/l	10	10	11	8	8	4	8	11
P	µg/l	377	2653	3496	2974	2898	7343	3175	4124
Pb	µg/l	I.d.	I.d.	I.d.	I.d.	I.d.	I.d.	0,1	0,1
Rb	µg/l	13	15	17	18	18	25	17	20
Se	µg/l	2	2	2	1	1	1	1	1
Si	µg/l	6257	6323	6656	6569	6574	6512	6305	5938
Sr	µg/l	118	110	118	114	115	138	120	186
V	µg/l	0,3	0,4	0,5	0,7	0,7	0,6	0,6	0,8
Zn	µg/l	23	23	24	28	28	33	21	37

Relativamente às concentrações de Al presentes nas águas do rio Tinto, cujos valores são apresentados no Quadro 4.24, pode-se afirmar que nenhum valor excede o limite de emissão na descarga de águas residuais. Todas encontram-se dentro dos valores máximos admissíveis para a qualidade da água destinada à rega. É de salientar que a maior parte das margens do rio Tinto são utilizadas para a prática da agricultura e os agricultores utilizam esta água para regar as suas culturas. Pela análise do Quadro 4.24 podemos ainda constatar que os pontos TIN1.23 e TIN1.24 são relativamente mais baixos que os restantes e isso é justificado pela entrada de água tratada da ETAR do Freixo que dilui os valores elevados das amostras a montante. A amostra mais elevada (TIN1.22) corresponde a um efluente do rio Tinto (ribeira da Lomba) que praticamente acolhe todo o saneamento da zona habitacional e industrial das imediações. A maioria

dos valores obtidos excedem o valor 18  $\mu\text{g/l}$  considerado como o valor mediano para águas de superfície na Europa (projecto FOREGS, De Vos et al., 2006).

Em relação às concentrações de As, os valores registados variam entre 2 e 9  $\mu\text{g/l}$  (Quadro 4.24). Quanto à conformidade do Decreto-Lei nº236/98 para águas destinadas à rega (Anexo XVI), verifica-se que todos os valores são inferiores ao valor máximo admissível. O valor mais elevado corresponde à ribeira da Lomba; que como já referi, serve de colector de águas residuais industriais. Todas as amostras excedem o valor mediano estabelecido por De Vos et al., 2006 é de 0,63  $\mu\text{g/l}$  (podendo variar entre <0.01 a 27  $\mu\text{g/l}$ ).

Relativamente às concentrações de B presentes nas águas do rio Tinto podemos verificar que apesar de serem extremamente elevados não se verifica grande oscilação ao longo do traçado do rio. Nenhuma amostra excede o valor máximo admissível para águas de rega (3,75mg/l), o que significa que as margens do rio podem do ponto de vista das concentrações de B ser regadas com esta água. Os valores obtidos são superiores aos estabelecidos por De Vos et al., 2006 para as águas de superfície da Europa no âmbito do Projecto FOREGS (15.6  $\mu\text{g/l}$ ) ou para as águas de superfície a nível mundial (20  $\mu\text{g/l}$ ). Valores elevados de B são frequentemente encontrados em linhas de água afectadas por esgotos podendo ser frequentemente associada a actividade industrial e/ou agrícola.

No rio Tinto podemos verificar que as concentrações em Ba presentes na água diminuem de montante para jusante. Contudo, antes da foz verifica-se um valor mais elevado que corresponde à ribeira da Lomba. Todos os valores registados não excedem o valor máximo recomendado para águas destinadas à rega. A comparação dos valores registados no ponto mais próximo da foz para as duas campanhas de amostragem permite concluir que houve uma redução no valor da concentração de bário presente na água. Da análise dos valores podemos verificar que os valores obtidos são, na maioria dos casos, inferiores aos valores medianos estabelecidos para as águas de superfície da Europa (24,9  $\mu\text{g/l}$ ), com excepção da amostra TIN1.26, ou para as águas a nível mundial (30  $\mu\text{g/l}$ ) (De Vos et al., 2006).

Os valores das concentrações de Br variam entre 109 e 270  $\mu\text{g/l}$ ; o que significa que valores tão elevados podem denunciar a presença de resíduos industriais presentes na água. Do Quadro 4.24 pode-se verificar que o valor mais a montante (TIN1.26) é na primeira campanha de amostragem o valor mais elevado, a partir daí entra a água tratada (como já referi, o tratamento é praticamente nulo) da ETAR de Rio Tinto que faz baixar

um pouco o valor da concentração até ao ponto TIN1.23 que sobe com a entrada da água tratada da ETAR do Freixo, voltando a diminuir quando se junta a água vinda da ribeira da Lomba. Refira-se que os valores obtidos são significativamente elevados quando comparados com os valores medianos estabelecidos pelo Projecto FOREGS (0.01 mg/l - De Vos et al., 2006).

Relativamente à concentração de Cr podemos constatar que na primeira campanha de amostragem o valor mais baixo localiza-se no ponto mais a montante (TIN1.26) depois vai aumentando até ao ponto TIN1.25 (12 µg/l); encontrando o ponto mais elevado na Ribeira da Lomba (TIN1.22); que poderá estar associado à presença de uma oficina localizada mais a montante. Na segunda campanha de amostragem verifica-se que a concentração no ponto junto à foz diminui relativamente à primeira campanha. Quanto à conformidade com o Decreto-Lei nº236/98 verifica-se que todas as amostras encontram-se dentro do valor máximo admissível para a qualidade das águas destinadas à rega. Os valores são na globalidade superiores aos estabelecidos para as águas de superfície da Europa (0,38 µg/l). Segundo Vos et al., 2006 os valores registados em águas de superfície, no âmbito do Projecto FOREGS variaram entre <0,01 e 43.3 µg/l.

Relativamente às concentrações de Cu constata-se que todos os valores amostrados nos dois períodos de amostragem não excedem o valor máximo admissível para águas destinadas à rega. Quanto ao valor limite de emissão na descarga de águas residuais (0,1 mg/l) e ao valor recomendado para os objectivos ambientais de qualidade mínima para águas superficiais (0,1 mg/l) pode-se constatar que nenhuma amostra excede esses valores. Os valores elevados podem-se dever aos produtos utilizados nos campos agrícolas que medeia as margens do rio. Os valores registados encontram-se dentro da gama de concentrações registadas para águas de superfície na Europa (0.08 a 14.6 µg/l) encontrando-se, contudo, claramente acima dos valores medianos estabelecidos para esta variável (0.88 µg/l).

Da análise do Quadro 4.24 podemos constatar que os valores das concentrações em Fe variam entre 13 e 118 µg/l; nenhuma amostra excede o valor máximo recomendado para a qualidade de águas destinadas à rega (5,0 mg/l). O valor mais elevado corresponde à ribeira da Lomba. A comparação dos valores registados no ponto mais próximo da foz para as duas campanhas de amostragem permitem constatar que houve uma redução do valor da concentração de Fe na água do rio Tinto. Os valores vão aumentando até à entrada da ribeira de Vila Meã (TIN1.25) a partir daí com a entrada da água tratada da ETAR do Freixo os valores voltam a diminuir até à foz, mesmo com a entrada da ribeira

da Lomba (TIN1.22). Comparando os valores obtidos com os valores estabelecidos pelo Projecto FOREGS (De Vos et al. 2006) constata-se que os valores registados são inferiores ao valor estabelecido (67 mg/l) enquadrando-se dentro da gama de variação obtida (1 a 4820 µg/l).

Relativamente à concentração de Li presente na água do rio Tinto, podemos constatar que os valores variam em todo o percurso do rio; o valor mais elevado corresponde precisamente à ribeira da Lomba (TIN1.22). Todos os valores amostrados encontram-se dentro do valor máximo admissível para águas destinadas à rega (Decreto-Lei nº236/98, Anexo XVI). Os valores obtidos são superiores aos estabelecidos para as águas superficiais da Europa (2,1 µg/l – De Vos et al., 2006) enquadrando-se, no entanto, dentro da gama de variação obtida para as águas superficiais (<0,1 a 356 µg/l).

Os valores das concentrações em Mn presentes nas amostras do rio Tinto permitem concluir que o ponto mais a montante é até à descarga da ribeira da Lomba o valor mais elevado. Com a entrada no rio Tinto de uma concentração mais elevada em Mn (TIN1.22 = 78 µg/l) os valores aumentam até à foz; o que nos permite concluir que a ribeira da Lomba em termos de concentrações de Mn é verdadeiramente um dos focos poluidores. Os pontos de amostragem TIN1.22, TIN1.21 e TIN2, apresentam valores superiores aos registados para as águas europeias (15,9 µg/l – De Vos et al., 2006).

Em relação às concentrações em Ni, os valores variam entre 4 e 11 µg/l (Quadro 4.24). Todas as amostras encontram-se em conformidade com o Decreto – Lei 236/98 para o valor recomendado para a qualidade de água destinada à rega (2,0mg/l), o valor limite de emissão na descarga de águas residuais e os objectivos ambientais de qualidade mínima para águas superficiais. Ao contrário das outras concentrações o valor mais baixo corresponde à ribeira da Lomba. Os valores registados são muito superiores ao valor mediano de 1,91 µg/l definido para as águas superficiais da Europa. Refira-se que De Vos et al., 2006 obtiveram valores, para as águas superficiais, que variaram de 0,03 a 24,6 µg/l.

Relativamente às concentrações de P, constata-se pela análise do Quadro 4.24 que o ponto mais a montante apresenta o valor mais baixo. No entanto, depois com a entrada da água da ETAR de Rio Tinto a situação agrava-se muito a confluência com a ribeira de Vila Meã é responsável pelo aumento dos valores das concentrações. Com a entrada de água da ETAR do Freixo as concentrações diminuem significativamente, voltando a aumentar depois da descarga da ribeira da Lomba. A maioria das amostras excede os

valores recomendados para os objectivos ambientais de qualidade mínima para águas superficiais.

Relativamente às concentrações em Pb podemos constatar, que os valores não são muito variáveis e que se encontram todas as amostras em conformidade com o Decreto-Lei nº236/98 para águas destinadas à rega (VMA=20mg/l) e para o valor limite de emissão na descarga de águas residuais. As concentrações registadas inserem-se dentro da gama de variação obtida para as águas superficiais europeias (0,005 a 6,37 µg/l).

As concentrações de Rb presentes nas águas do rio Tinto vão aumentando de montante para jusante encontrando-se o valor com concentração mais elevada na ribeira da Lomba. A comparação dos valores registados no ponto de amostragem junto à foz para os dois períodos de amostragem permite concluir que houve uma redução ligeira do valor da concentração em rubídio. Comparando os valores obtidos com o valor mediano definido para as águas superficiais da Europa (1,32 mg/l) verifica-se que todas as amostras apresentam um valor inferiores, enquadrando-se dentro da gama de valores obtidas para as águas superficiais europeias (<0,1 a 112 µg/l).

Os valores das concentrações de Se não são muito variáveis ao longo do traçado do rio, os pontos mais elevados verificam-se a montante; mas nenhuma amostra excede o valor máximo admissível para águas destinadas à rega (0,05 mg/l). Ao contrário do que acontece com as outras concentrações excepto do Ni a ribeira da Lomba apresenta o valor mais baixo de concentração de Se. Os valores obtidos inserem-se dentro da gama de valores registados para águas superficiais da Europa (<0,01 a 7,63 µg/l), mas encontram-se claramente acima do valor mediano estabelecido para as mesmas águas (0,34 µg/l).

As concentrações de Si são extremamente elevadas e variáveis ao longo do traçado do rio. Verifica-se que até ao ponto TIN1.25 há um aumento significativo em relação aos pontos localizados mais a montante, a partir desse ponto verifica-se que os valores não são constantes. O valor mais baixo ocorre no ponto mais próximo da foz na segunda campanha de amostragem, num período chuvoso. Os valores registados podem ser considerados normais tendo em atenção a gama o valor mediano estabelecido para as águas superficiais europeias (8,03 mg/l).

Relativamente às concentrações de Sr, verifica-se que estas são elevadas e extremamente variáveis ao longo de todo o traçado do rio Tinto. O valor mais baixo corresponde ao ponto de amostragem TIN1.27 (110,14 µg/l) e o valor mais elevado

corresponde ao ponto mais próximo da foz para a segunda campanha de amostragem. Todas as amostras apresentam valores superiores ao valor mediano de Sr para águas superficiais europeias (0,11 mg/l). Refira-se, no entanto, que os valores enquadram-se dentro da gama de valores obtida para as águas superficiais (0,001 a 13,6 mg/l), com excepção das amostras TIN1.22 e TIN2.1.

As concentrações em V variam entre 0,3 e 0,8 µg/l, estando todos os valores amostrados em conformidade com o Decreto-Lei nº239/98 relativo à qualidade da água destinada à rega.

Os valores amostrados para a concentração em Zn não excedem o valor máximo admissível para águas destinadas à rega (10,0 mg/l) e o valor recomendado para os objectivos ambientais de qualidade mínima para águas superficiais (0,50 mg/l). Os valores das concentrações em Zn são muito variáveis ao longo de todo o rio, o valor mais elevado corresponde ao ponto mais próximo da foz na segunda campanha de amostragem, valores tão elevados denunciam a presença de detergentes que normalmente estão presentes nas águas residuais domésticas. O valor mediano estabelecido por De Vos et al., 2006 para esta variável é de 2.68 mg/l (os valores variam entre 0,01 a 310 µg/l).

### 4.2.5.3 Parâmetros bacteriológicos

O Quadro 4.25 apresenta os resultados das concentrações em coliformes fecais relativos às amostras do rio Tinto (TIN).

**Quadro 4.25 – Concentração de Coliformes Fecais (Nº/100 mL) nas amostras de água do rio Tinto (TIN).**

Referência	Data Amostragem	Classificação	Col. Fecais (Nº /100 ml)
TIN1.26	25-1-07	Montante	$8,8 \cdot 10^4$
TIN1.27	25-1-07	2769m da foz	$1,1 \cdot 10^6$
TIN1.25	25-1-07	678m da foz	$1,2 \cdot 10^6$
TIN1.24	25-1-07	463m da foz	$4,3 \cdot 10^5$
TIN1.23	25-1-07	284m da foz	$4,3 \cdot 10^5$
TIN1.22	25-1-07	253m da foz	$1,2 \cdot 10^7$
TIN1.21	25-1-07	Foz	$9,9 \cdot 10^5$
TIN2.1	11-6-07	Foz	$3,6 \cdot 10^6$

O rio Tinto contribui seriamente para a má qualidade da água, do troço final do rio Douro já que os valores obtidos para os coliformes fecais são extremamente elevados. Estes



valores advêm da má qualidade dos seus efluentes tais com, a ribeira de Vila Meã, a ribeira de Cartes e a ribeira da Lomba. A outra parte da poluição presente no rio vem do concelho de Gondomar, principalmente do mau funcionamento da ETAR de Rio Tinto (Foto 4.4).



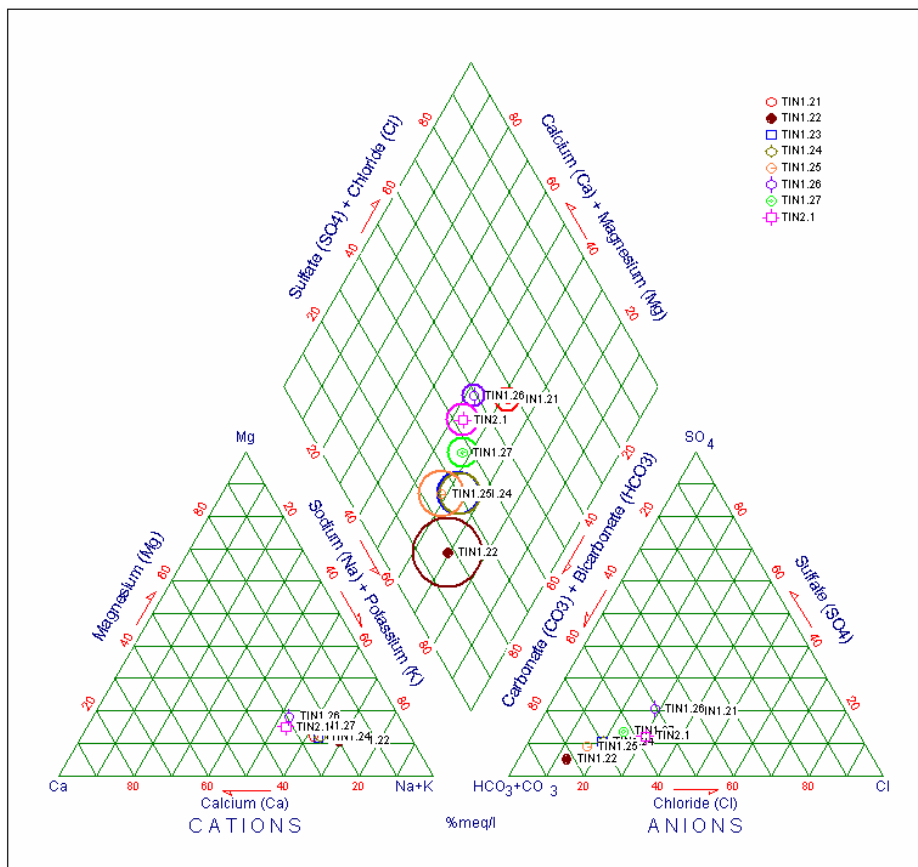
**Foto 4.4 – Descarga da ETAR de Rio Tinto**

Pela análise dos resultados das análises bacteriológicas (Quadro 4.25) efectuadas verifica-se que a amostra colhida a montante já indicia forte contaminação fecal (TIN1.26) mas, com a descarga da ETAR de Rio Tinto os valores sobem drasticamente (TIN1.27). Como já foi referido anteriormente esta ETAR tem um péssimo funcionamento e as águas residuais que deveriam ser tratadas convenientemente são lançadas directamente para o rio com um tratamento muito diminuto ou sem qualquer tipo de tratamento. Com a entrada de água tratada na ETAR do Freixo (que trata parte do saneamento do concelho), verifica-se uma diminuição nos valores dos coliformes (TIN1.24) até á ribeira da Lomba (TIN1.22). Esta ribeira que grande parte da sua extensão funciona como colector de águas residuais domésticas e industriais, é responsável pelo aumento significativo dos valores dos coliformes fecais a partir deste ponto até á foz (TIN1.21).

Da diferença de valores registados entre a 1ª campanha (TIN1.21) e a 2ª campanha de amostragem (TIN2.1) na foz resulta do facto da 2ª campanha ter sido efectuada após uma forte chuvada, pode-se afirmar que este rio na altura de maior pluviosidade é alvo de maiores descargas de saneamento.

### 4.2.5.4 Classificação das águas de acordo com os diagramas de Piper e Stiff

Pela observação do diagrama de Piper (Figura 4.9) verifica-se que as fáceis hidroquímicas dominantes nas águas do rio tinto são do tipo bicarbonatadas sódicas. Algumas amostras evidenciam uma fáceis carbonatada cloretada (TIN1.21 e TIN1.26).



**Figura 4.9 – Diagrama de Piper para o Rio Tinto**

Relativamente, ao ponto em comum nas duas campanhas de amostragem poder-se verificar que, a amostra TIN1.21 cai num domínio: bicarbonatada cloretada enquanto que a amostra recolhida no mês de Junho cai num domínio: bicarbonatada.

No que respeita à disposição espacial das fáceis anteriormente referidas (Figura 4.10) as bicarbonatadas sódicas são dominantes e distribuem-se de forma homogênea por todo o sistema.

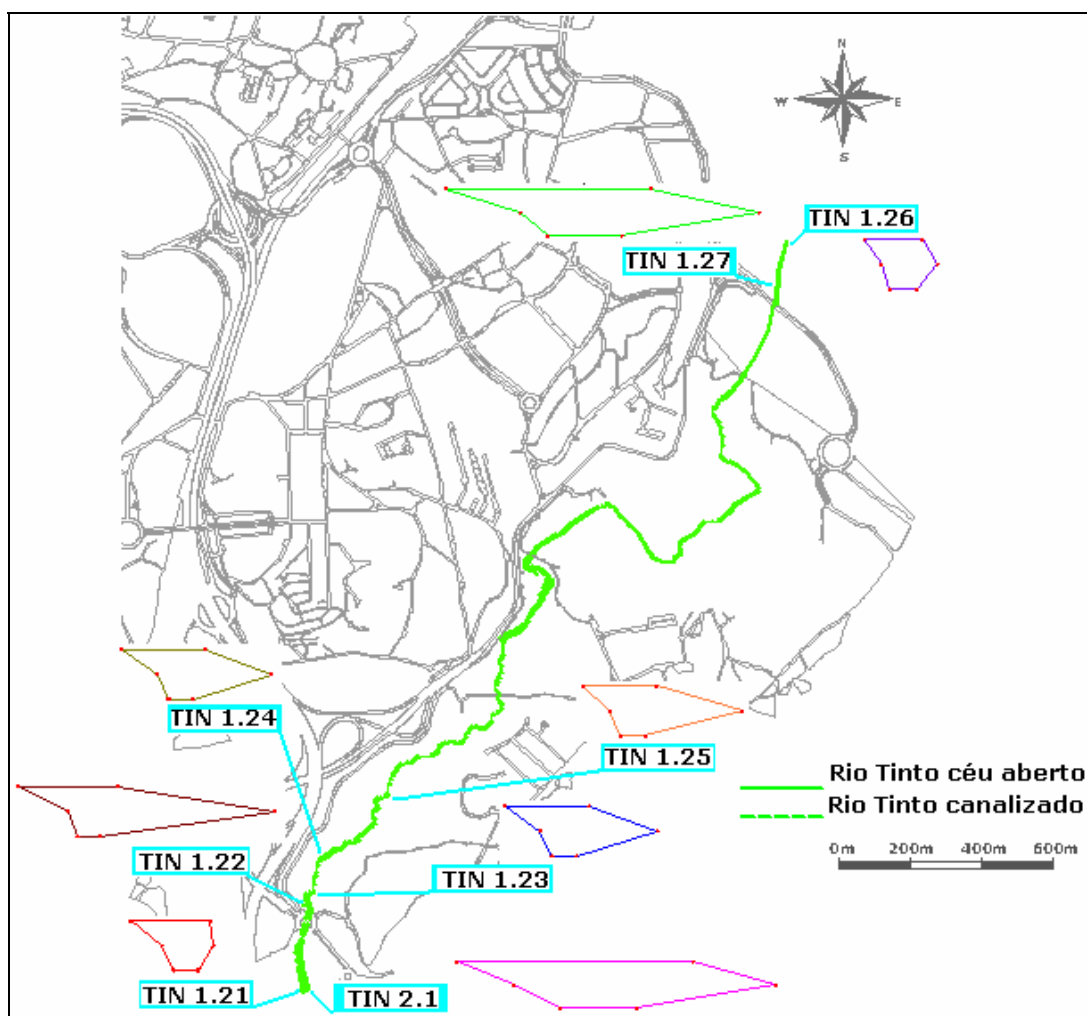
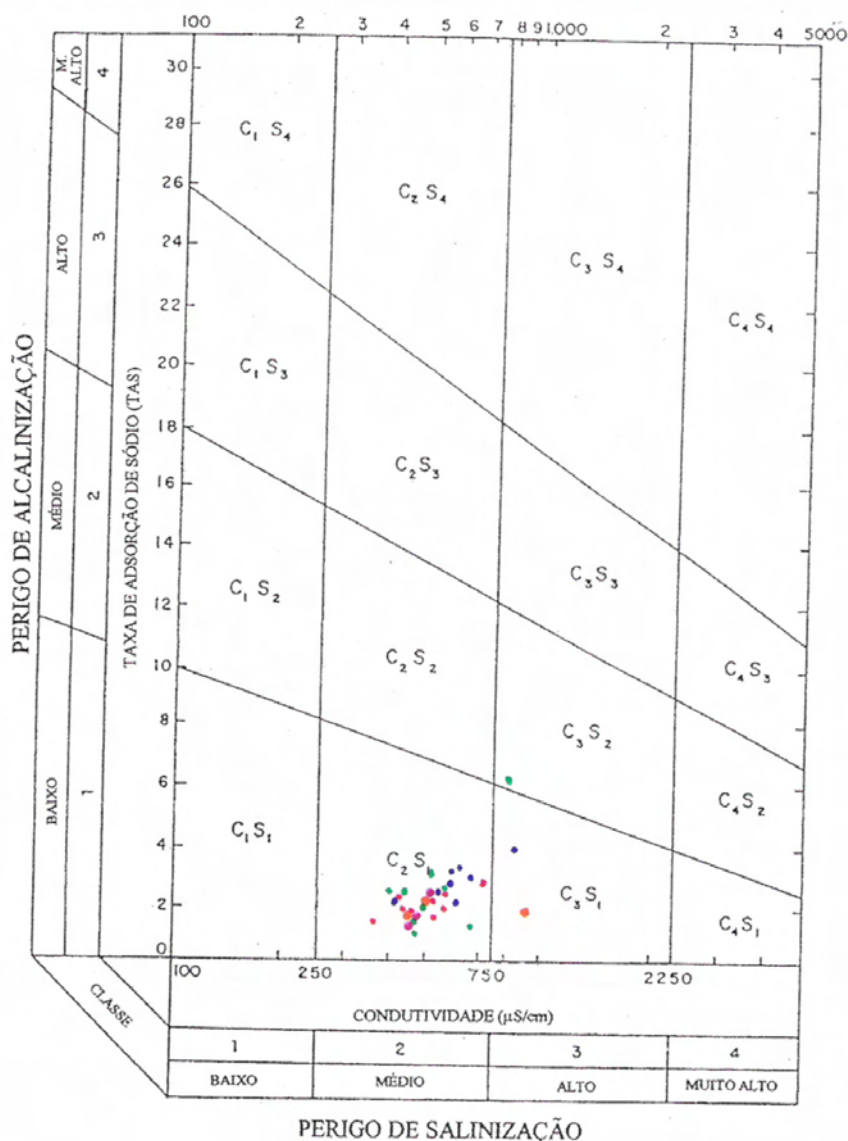


Figura 4.10 – Diagramas de Stiff para o Rio Tinto

### 4.3 Avaliação da Qualidade de Água para uso agrícola

A avaliação da qualidade da água para uso agrícola foi efectuada, recorrendo ao diagrama de Riverside. Para a projecção das amostragens neste diagrama, os valores de sódio, de cálcio e de magnésio de cada curso de água, foram convertidos de mg/L a meq/L e, posteriormente, foi calculada a taxa de adsorção de sódio (TAS). Estes valores encontram-se no diagrama de Riverside (Figura 4.11).

Da análise da figura 4.11 permite concluir que, as águas dos cursos de água em estudo situam-se na sua maioria no campo  $C_2S_1$ , significando que se trata de águas que oferecem um baixo perigo de alcalinização e um perigo médio de salinização do solo. Desta forma, estas águas podem ser usadas para rega em circunstâncias que exista um grau moderado de lixiviação, não se esperando sérios prejuízos no desenvolver da vegetação, somente as plantas muito sensíveis como as árvores de fruto e os abacates são danificados.



Legenda:

- Ribeira de Aldoar
- Ribeira da Asprela
- Ribeira de Nevogilde
- Ribeira da Ervilheira
- Rio Tinto

**Figura 4.11 – Diagrama de Riverside relativo às amostragens realizadas**

Para além do campo  $C_2S_1$ , na ribeira de Nevogilde e rio Tinto existe uma amostra em cada um destes cursos de água que se situa no campo  $C_3S_1$ , o que significa que nestes locais estão presentes águas muito salinas que não devem ser usadas em solos com

drenagem deficiente e apresentam baixo teor de sódio. Na ribeira de Aldoar aparece ainda uma amostra que se situa no campo C<sub>3</sub>S<sub>2</sub>, significando que esta água é igualmente muito salina mas, neste caso apresentam um teor elevado de sódio podendo causar problemas de alcalinização. O seu uso na agricultura requer condições especiais como boa drenagem, lixiviação intensa e adição de matéria orgânica.

No entanto, tudo indica que estas situações não são muito graves, dado o facto que nos locais onde se recolhem as amostras com as características mais gravosas, a água não é utilizada para rega. A amostra (ALD1.8) recolhida em Aldoar encontra-se numa parte da ribeira que está canalizada. Na ribeira de Nevogilde e no rio Tinto os pontos de amostragem em questão encontra-se a céu-aberto mas, em Nevogilde a água cai de um aqueduto em pedra para a praia e no rio Tinto o ponto de amostragem que se situa no campo C<sub>3</sub>S<sub>1</sub> (TIN1.22) localiza-se muito perto da foz deste rio e também a água não é utilizada para rega.

## **CAPÍTULO 5**

### **Conclusões e Recomendações**

### **5.1 Síntese Conclusiva**

A caracterização das Ribeiras de Aldoar, Nevogilde, Ervilheira e Asprela, permite-nos ter uma percepção muito clara do estado actual dos sistemas ribeirinhos. Correm escondidos do olhar dos portuenses e somente as cheias que assustam no Inverno e o cheiro nauseabundo são praticamente os únicos sinais da presença das ribeiras no subsolo do concelho. A industrialização, o crescimento do sector imobiliário e o acréscimo de infra-estruturas viárias no Porto, são responsáveis para diminuição da sua expressão à superfície. A maioria dos cursos de água, que já foram fundamentais para o quotidiano da população, está canalizada. O enterramento parcial ou total destas linhas de água condenou-as à função de colectores de águas pluviais, esgotos domésticos e industriais.

Os espaços das ribeiras que ainda se encontram a céu aberto estão na sua maioria pouco visíveis devido à intensa vegetação envolvente, e os que se encontram bem visíveis são muitas vezes ignorados pela população que os utiliza para depositar lixo.

Este estudo permitiu identificar um conjunto de potencialidades e constrangimentos existentes nas bacias das ribeiras de Aldoar, Nevogilde, Ervilheira, Asprela e rio Tinto. Esta identificação foi devidamente fundamentada em função dos elementos recolhidos em várias visitas ao local (visuais, fotográficos, análises, ...) permitindo ter uma ideia bastante detalhada do estado actual da água.

O levantamento do traçado actual dos cursos de água estudados permitiu observar que os problemas que ocorrem com maior frequência são o mau aspecto dos troços a céu aberto (principalmente o rio Tinto), o odor nauseabundo da água e a elevada concentração de sólidos suspensos.

A análise dos resultados da caracterização físico-química e bacteriológica permite concluir que a grande maioria das ribeiras e rio estudados estão fortemente contaminados, provavelmente, por descargas de esgotos domésticos ou efluentes industriais.

Em relação aos parâmetros físico-químicos, pela análise dos resultados obtidos, verifica-se que nas ribeiras de Nevogilde e Ervilheira os resultados analíticos revelam uma poluição mais acentuada no ponto de amostragem mais próximo da foz, nas restantes ribeiras (Aldoar, Asprela) e rio Tinto apresentam grandes oscilações em todo os seus traçados. Apenas no rio Tinto verifica-se que o afluente mais próximo da foz (ribeira da Lomba) é o grande causador da poluição existente no troço final deste rio.

Pelos resultados obtidos constatou-se que a qualidade da água em termos bacteriológicos (coliformes fecais) encontra-se muito degradada na maioria dos locais caracterizados, já que apresentam valores elevados relativamente aos limites legais. Estes resultados indiciam a existência de descargas directas de efluentes domésticos para os cursos de água e de descargas de efluentes industriais e agrícolas, sem tratamento ou com tratamento inadequado, por via directa ou difusa. São excepção a nascente das ribeiras de Nevogilde e Ervilheira. Esta contaminação orgânica, de várias origens, com diferentes volumes e desfasados no tempo, requer uma especial atenção de modo a efectuar um controle da qualidade da água superficial e detectar os responsáveis pelas infracções ambientais cometidas.

A comparação com os valores limite impostos pelo Anexo XXI do Decreto-Lei 236/98, relativo aos objectivos ambientais de qualidade mínima para as águas superficiais, mostra que a maioria dos cursos de água estudados está em conformidade com este Decreto-Lei, uma vez que todos apresentam mais do que um valor de qualquer parâmetro superior ao valor limite legal. Destacam-se alguns parâmetros para os quais os resultados analíticos em quase todos os cursos de água, ultrapassam o valor limite legal imposto pelo Anexo XXI do Decreto-Lei, como os nitratos, nitritos, azoto amoniacal, fósforo, a ultrapassam em alguns casos o limite de emissão (VLE) na descarga de águas residuais imposto pelo Anexo XVIII do Decreto-Lei 236/98.

A poluição é generalizada e significativa, mesmo quando ocorrem períodos de chuva como podemos comprovar nos valores da 2ª campanha de amostragem.

Em função das análises e reconhecimentos efectuados, torna-se urgente a tomada de medidas com vista à recuperação destes cursos de água, nomeadamente a melhoria da qualidade da água de cada um deles, apresentando-se de seguida propostas e intervenções de carácter geral, a serem incorporadas na gestão do espaço ribeirinho. Todas as propostas pretendem contribuir para a melhoria da qualidade ambiental das características gerais de todos os cursos de água estudados.

### **5.2 Propostas gerais e intervenções já executadas:**

Em função das análises e reconhecimentos efectuados apresentam-se algumas propostas com medidas a serem incorporadas na gestão do espaço ribeirinho. Todas as propostas pretendem contribuir para melhorar a qualidade ambiental das características gerais das ribeiras de Aldoar, Ervilheira, Nevogilde, Asprela e rio Tinto.



A melhoria da qualidade dos cursos de água exige que se impeça a descarga de efluentes poluentes nas ribeiras ou de efluentes que alterem significativamente a temperatura da água. É fundamental melhorar o sistema de saneamento (ex: colocação de ramais e colectores de saneamento para possibilitar a ligação à rede), impedir descargas ilegais de actividades industriais, passando pelo conhecimento e cadastro de todas as indústrias existentes na bacia hidrográfica de todos os cursos de água, retirar e garantir que entulho e outros resíduos sólidos não sejam atirados para as ribeiras ou rios.

Existem também usos do solo, como a agricultura, que provoca uma poluição difusa das linhas de água, através do escoamento de pesticidas, adubos e outros produtos químicos tipicamente aplicados na agricultura intensa, presente nas nascentes das ribeiras de Nevogilde, Ervilheira e em grande parte das margens do rio Tinto. Para minorar estas cargas é conveniente criar faixas de protecção ao longo dos cursos de água.

Em quanto a qualidade da água não estiver em conformidade com o Decreto-Lei 236/98 devem ser criados meios para aumentar a turbulência e a oxigenação das águas, por exemplo a criação de açudes (que também possibilitam a utilização da água para a rega) colocando pedregulhos ou outro material de enchimento no leito dos cursos de água.

Atendendo que as várias fontes de poluição estão provavelmente dispersas por toda a bacia hidrográfica das ribeiras e que a sua eliminação requer avultados meios financeiros, deve-se procurar primeiramente identificar e eliminar todas as descargas existentes no curso das ribeiras e rio, retirar todos os resíduos sólidos depositados no leito dos cursos de água e fazer análise bacteriológicas e físico-químicas periodicamente.

Também seria muito agradável restabelecer a fauna e a flora para serem criados espaços para actividades lúdicas ou de recreio.

A concretização destas acções deverá ser feita, aproveitando sempre a oportunidade de congrega a opinião pública à volta do objectivo final, que passa pela melhoria da qualidade de vida das populações que habitam nas imediações dos cursos de água.

É conveniente que as populações sejam convidadas a intervir e porque não, a colaborar nas várias fases de recuperação da qualidade dos cursos de água, ninguém melhor que um antigo habitante das imediações das ribeiras, para saber como eram noutros tempos aquele local.

Desde do final de 2006 que a empresa Águas do Porto E.M. tem vindo a melhorar a qualidade da água destes cursos de água. Vários projectos têm sido implementados, o projecto “Bandeira Azul” engloba as ribeiras de Aldoar, Nevogilde e Ervilheira, com este

projecto pretendem não só a colocação das bandeiras azuis nas praias do Porto mas também a despoluição das ribeiras que desaguam directamente para o mar.

Estas ribeiras devido à forte presença de saneamento foram desviadas para o colectador público de saneamento para seguidamente serem tratadas na ETAR de Sobreiras, entretanto estão também a ser efectuados ramais de saneamento para sanearem cerca de 500 prédios que estavam directamente ligados para as águas pluviais ou para fossas sépticas, alterando a qualidade das águas das ribeiras estudadas por nós.

O projecto que tem como lema “Despoluir, Desentubar e Reabilitar”, com prioridade para a ribeira da Asprela e da Granja e para as ribeiras que desaguam no mar como é o caso da ribeira de Aldoar, Nevogilde e Ervilheira, abrangendo ainda o rio Tinto, pretende até 2009 ligar 25 mil fogos à rede de saneamento resolvendo grande parte dos problemas das ribeiras do Porto. Também pretendem privilegiar a acção no terreno, identificar os grandes poluidores, despoluir de montante para jusante e monitorizar secções dos cursos de água para avaliar resultados.

Este projecto também passa por renaturalizar as ribeiras onde for possível, reabilitando ou requalificar o que está degradado, como entubamento, lixo, vegetação infestante e construções ilegais nas margens, e transformar de forma cuidada e planeada as margens para uso agrícola, industrial ou urbano.

Com este projecto já se conseguiu eliminar um Bay-Pass que desviava as águas residuais provenientes do Hospital S. João e do IPO para as águas pluviais (ribeira da Asprela), diminuindo significativamente a quantidade de coliformes fecais presentes na água e tornando-a aparentemente mais agradável.

Também a ribeira de Cartes que desagua directamente para o rio Tinto já foi alvo de uma intervenção, esta ribeira recebia uma grande quantidade de poluição originada pela falta de ligações domiciliárias e por entupimentos prolongados de colectores mas um simples desvio deste saneamento para a ETAR do Freixo permitiu que a água circulasse mais limpa, procedendo-se seguidamente à limpeza do curso do rio Tinto junto à ribeira de Cartes.

Esta empresa está deveras decidida a mudar a qualidade de todos os cursos de água do concelho do Porto e realmente já mostrou provas disso, agora só nos resta que tudo se leve a bom porto e que esteja para breve a requalificação das ribeiras e rios deste concelho.

## **CAPÍTULO 6**

### **Bibliografía**

- AFONSO, M.J. (2003). Hidrogeologia de rochas graníticas da região do Porto (NW de Portugal). *Cadernos Lab. Xeol. Laxe*, A Coruña, 28: 173-192.
- ALMEIDA, A. (2001). Caracterização geoquímica e geocronológica do granito de duas micas sintectónico do Porto (NW de Portugal). In: Lago M., Arranz E. & Galé C. (eds), *Proceedings III<sup>er</sup> Congreso Ibérico de Geoquímica/VIII Congreso de Geoquímica de España*. Instituto Tecnológico de Aragón, Zaragoza, pp. 311-315.
- ARAÚJO, M.A. (1991). *Evolução geomorfológica da plataforma litoral da região do Porto*. Departamento de Geografia, Faculdade de Letras da Universidade do Porto. 534 pp. + Vol. Anexos [87 pp.] (Tese de doutoramento).
- ARAÚJO, M.A. (1997). A plataforma litoral da região do Porto: dados adquiridos e perplexidades. *Estudos do Quaternário*, APEQ, 1: 3-12.
- ARAÚJO, M.A., GOMES, A.A., CHAMINÉ, H.I., FONSECA P.E., GAMA PEREIRA, L.C. & PINTO DE JESUS, A. (2003). Geomorfologia e geologia regional do sector de Porto-Espinho (w de Portugal): implicações morfoestruturais na cobertura sedimentar cenozóica. *Cadernos Lab. Xeol. Laxe*, A Corunã, 28: 79-105.
- ASTM (American Society for Testing and Materials, (1984). American Society for testing Materials, Annual Book of ASTM Standards. Water Environmental Technology, Vol.11.01
- BEGONHA, A. & BRAGA, M.A.S. (1995). A meteorização do granito do Porto. In: Borges, F. S. & Marques, M. (eds): IV Congresso Nacional de Geologia. *Mem. Mus. Lab. Min. Geol. Fac. Ciênc. Univ. Porto*, 4: 171-175
- BEGONHA, A.J.S. (2001). Meteorização do granito e deterioração da pedra em monumentos e edifícios da cidade do Porto. *Colecção monografias FEUP Edições*, Porto, 2: 1-445. (Tese de doutoramento).
- CABRAL, J., (1995) Neotectónica em Portugal Continental Mem. Inst. Geol. Min., Lisboa, 31:pp.1-256.
- CARRINGTON DA COSTA, J. & TEIXEIRA, C. (1957). Carta Geológica de Portugal na escala de 1/50000. Notícia explicativa da Folha 9-C (Porto). Serv. Geol. Portg., Lisboa. 38pp.
- COBA – Consultores de Engenharia e Ambiente, SA 2003. Notícia explicativa da Carta Geotécnica do Porto. 2ª Edição, COBA/FCUP/CMP; Câmara Municipal do Porto, 230 pp.
- CONDE, L.E.N., 1983. Mapa de fracturas de Portugal (Memória Descritiva). EDP. 118 pp., 4 mapas à escala 1/500000. (Relatório inédito).
- DE VOS, W., TARVAINEN, T. et al., (2006). Geochemical Atlas of Europe. Part 2: Interpretation of Geochemical Maps, Additional Tables, Figures, Maps, and Related Publications. Geological Survey of Finland.
- DECRETO-LEI nº 236/98 de 1 de Agosto, 1998, Lisboa.
- DIONEX (1987). Ion Chromatography Cookbook. A practical guide to quantitative analysis by Ion Chromatography.
- EPA – ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY (1982). Handbook for sampling and sample preservation of water end wastewater (EPA/604/4-82/092). United States Environmental Agency; 402 pp.
- FERREIRA DA SILVA, E.A. (1995). Geoquímica de elementos maiores e vestigiais em sistemas perturbados. Contribuição para a caracterização ambiental do concelho de Águeda utilizando meios amostrais diferenciados. Dissertação apresentada à Universidade de Aveiro para obtenção do Grau de Doutor em Geoquímica. Departamento de Geociências. Universidade de Aveiro. 386 pp.
- FETTER, C.W. (2001). Applied Hydrogeology. 4<sup>th</sup> edition. Prentice-Hall. 598 pp.
- FEUP, C.M.P., 2006, Estudos de Intervenção para a Reabilitação do Rio Tinto no Concelho do Porto, Relatório Final.

## CAPÍTULO 6 – BIBLIOGRAFIA

---

- GJERD, D.T. (1986). Handbook of ion chromatography. Dionex corporation, Sunnyvale, California.
- GOMES, A.A. & BARRA, A. (2001). Morfologia e cobertura detrítica da plataforma litoral na área de Albergaria-a-Velha (Distrito de Aveiro). *Estudos do Quaternário, APEQ*, 4: 7-14.
- INAG (2006) Instituto da Água, INAG, [www.inag.pt](http://www.inag.pt).
- IRAR, 2006, Métodos de Filtração por Membrana para Pesquisa e Quantificação de Bactérias Coliformes e Escherichia Coli.
- LAFUENTE, J.G.C. (1969). Química del agua. Ed Blume. 355 pp.
- LENCASTRE, A. & FRANCO, F.M. (1992). Lições de Hidrologia. 2ª Edição. Universidade Nova de Lisboa, 453 pp.
- MARTÍN-SERRANO, A. (1994). Macizo Hespérico septentrional. In: M. Gutiérrez Elorza (ed). Geomorfologia de España. Editorial Rueda, Madrid. Pp. 25-62.
- OLIVEIRA, J.T., PEREIRA, E., RAMALHO, M., ANTUNES, M.T. & MONTEIRO, J.H. [coords.] (1992). Carta Geológica de Portugal, escala 1/500000, 5ª edição. *Serviços Geológicos de Portugal*, Lisboa. (2 folhas).
- PATINHA, C. (1996). Distribuição de elementos maiores e vestigiais em meios amostrais diferenciados. Dissertação apresentada à Universidade de Aveiro para obtenção do Grau de Mestre em Geoquímica. Departamento de Geociências : 1-155.
- PEDROSA, M. Y. (1999). Notícia explicativa da *Carta Hidrogeológica de Portugal, escala 1/200000*. Folha 1. Instituto Geológico e Mineiro, Lisboa
- REIS, P. (2002); Situação actual dos rios e ribeiros do concelho do Porto; Universidade do Minho; Dep. de Engenharia Biológica.
- RIBEIRO, A. (1988). A tectónica Alpina em Portugal. *Geonovas*, Rev. Assoc. Portg. Geólogos, Lisboa, 10: 9-11.
- SANDERS, ARDEN G.. 1988, Learning Styles in Melanesia: Toward the use and implications of Kolb's model for national translator training. Ph. D thesis. Fuller Theological Seminary, School of World Mission. 268pp.
- SMAS – SERVIÇOS MUNICIPALIZADOS DE ÁGUAS E SANEAMENTO DO PORTO.
- SMAS (2003) – Folheto Informativo “ Estação de Tratamento da Águas Residuais de Sobreiras”
- SOARES DE CARVALHO, G. (1992). Depósitos quaternários e cenozóico indiferenciado. In: Pereira, E. (Coord.), Carta Geológica de Portugal na escala 1/200 000. Notícia Explicativa da Folha 1. *Serviços Geológicos de Portugal*, Lisboa. pp. 47-50.
- STEVENS, T.S., DAVIES, J.C. AND SMALL, H. (1981). Hallow fiber ion exchange supressor for Ion Chromatography. *Anal. Chem.* 53; 1488 pp.
- STRAHLER, A.N. (1979). Geografia física. 4ª edición. Ediciones Ómega, Barcelona, 767 pp.
- VIEIRA, N. (2005). Hidrogeologia, hidroquímica e hidrogeotecnia do manancial Paranhos: um caso de estudo dos subterrâneos da cidade do Porto. Projecto de final de curso. ISEP, Porto.
- Working Party on Stabilization of Samples from the Hidrochemistry Team of the German Chemists Association (1980). Preservation of Water Samples. *Water Research*, Vol. 5, 233-241.
- W1- [www.abae.pt/jra/concurso04/JRA\\_2004/n048\\_2004/n048\\_2004\\_j/n048\\_2004\\_j.htm](http://www.abae.pt/jra/concurso04/JRA_2004/n048_2004/n048_2004_j/n048_2004_j.htm)
- W2- [www.ribeirasdoporto.pt](http://www.ribeirasdoporto.pt)

# **ANEXOS**

Os anexos encontram-se em suporte informático apensos ao documento.